



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Dipartimento federale dell'interno DFI
Ufficio federale di meteorologia e climatologia MeteoSvizzera

Il clima cambia anche da noi: quale futuro per la risorsa acqua?

Luca Panziera - meteorologo

MeteoSvizzera, Centro Regionale Sud, Locarno-Monti

Ascona, 16 marzo 2024



TICINO E GRIGIONI

Stiamo salutando il secondo ottobre più caldo di sempre

In Svizzera si sta per concludere un altro mese da primato per le temperature, in particolare a Lugano - A inizio mese picchi mai visti

30 ottobre, 15:50 - 30 ottobre, 16:15

INFO CLIMATOLOGIA



AMBIENTE

ALLARME IEA: "SUL CLIMA OBIETTIVI IRRAGGIUNGIBILI"



LO STUDIO

Una stazione sciistica su otto potrebbe scomparire

In base a uno scenario di forte riscaldamento globale, nel 13% di queste aree non ci sarà più un manto nevoso naturale entro il 2100. In Svizzera un terzo di queste strutture è a rischio

Oggi, 06:51 - 3 ottobre

INFO



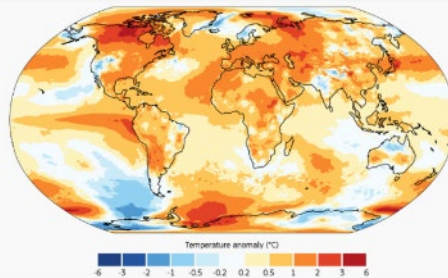
AMBIENTE

Il 2023 è stato l'anno più caldo di sempre

Aumento medio della temperatura vicino a 1,5 gradi - Copernicus: "Si stabilisce un terribile precedente"

9 gennaio 1857 - 9 gennaio 1431

INFO



Le anomalie della temperatura registrate nel 2023 dal servizio Copernicus

BERNA «Un sì per il clima»

MONDO

Londra, attivisti climatici prendono a martellate un quadro di Velazquez

Danneggiato da due militanti di Just Stop Oil il vetro di protezione di un'opera esposta alla National Gallery



BELLINZONA

SCIOPERO PER IL CLIMA TORNERÀ IN PIAZZA VENERDI



MONDO

Mai un febbraio così caldo

Lo dice l'Osservatorio europeo Copernicus: a causare le temperature elevate il mix tra emissioni a effetto serra ed El Niño

7 marzo, 07:00 - 7 marzo, 07:00

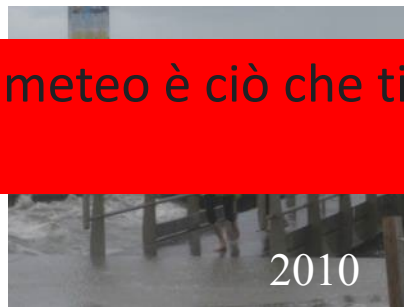
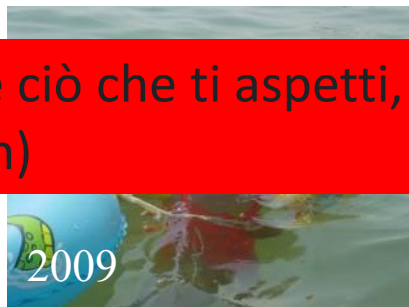
INFO



Premessa: tempo e clima



Il clima è ciò che ti aspetti, il meteo è ciò che ti becchi.
(M. Twain)



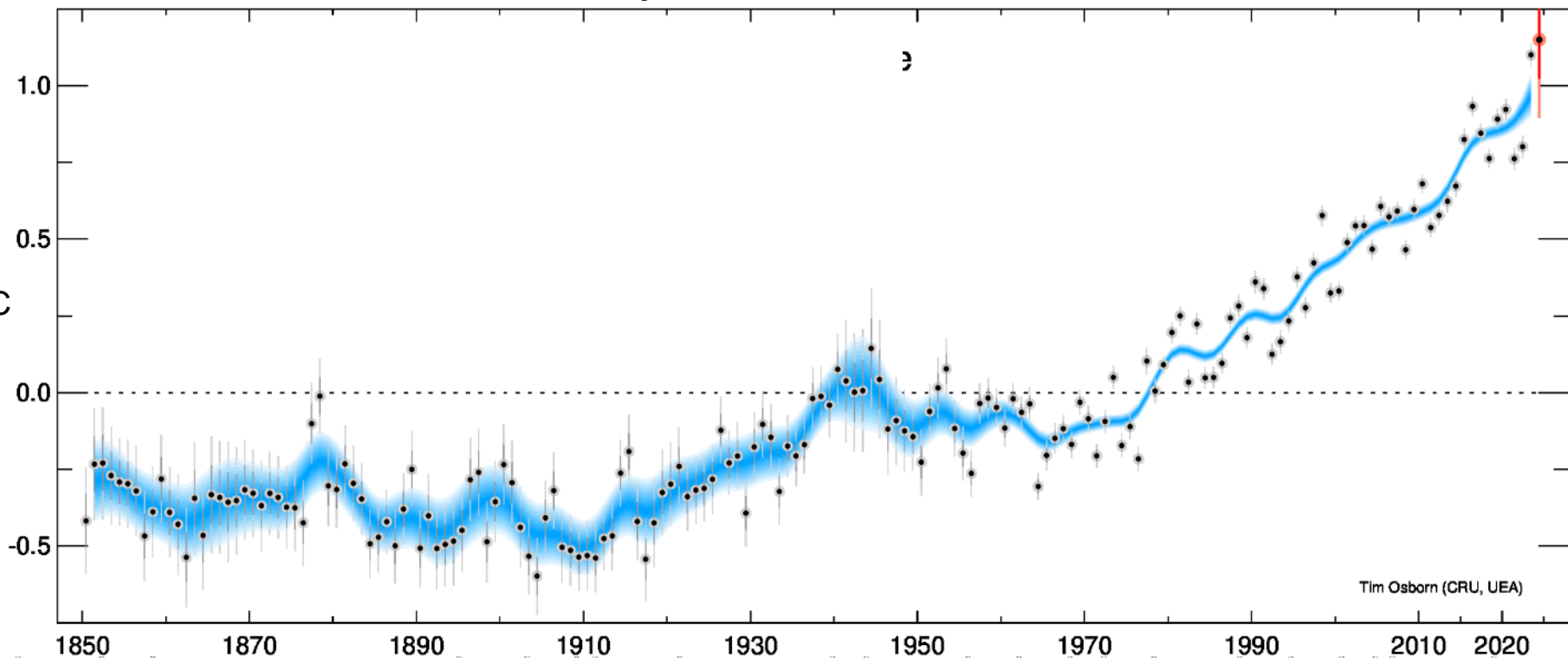
Il nostro pianeta





Temperatura media annuale globale

anomalia rispetto alla media 1961 - 1990



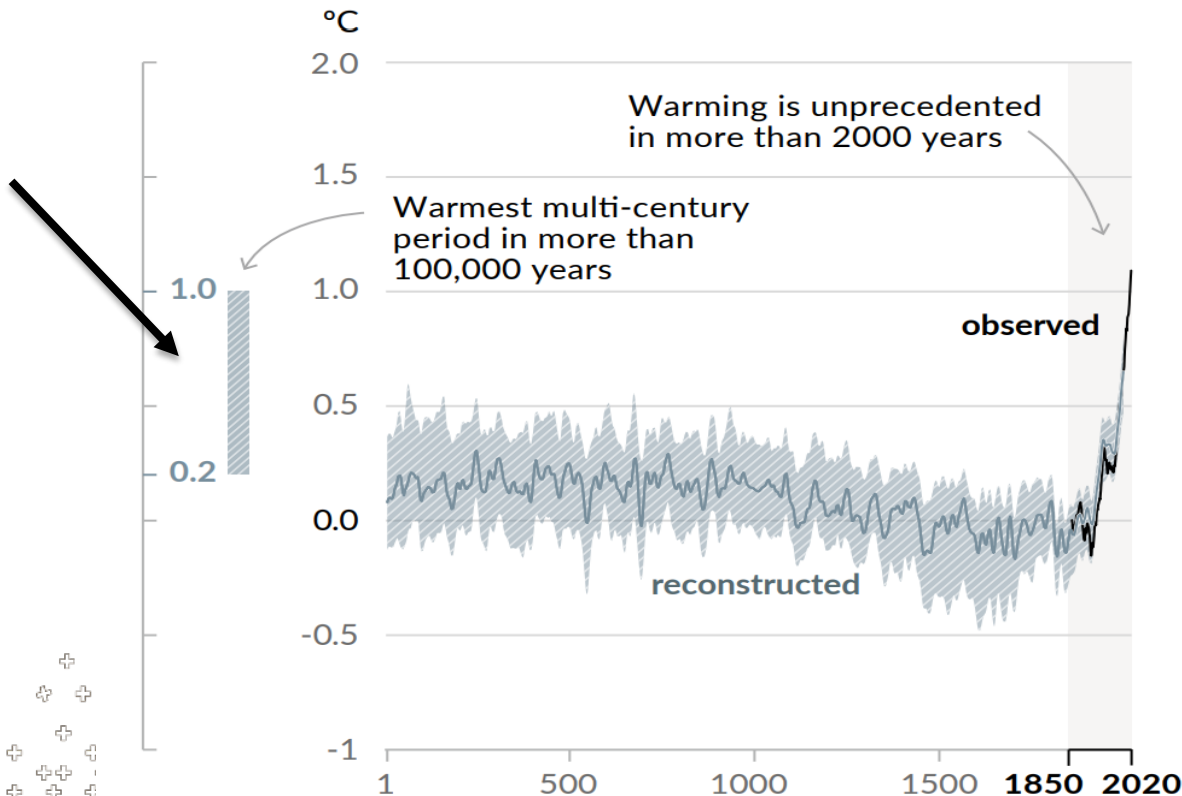
Fonte: Climatic Research Unit, University of East Anglia (<http://www.cru.uea.ac.uk/>)



Temperatura media annuale globale

anomalia rispetto alla media 1850 - 1900

Periodo multisecolare
più caldo negli ultimi
100 mila anni (circa
6500 anni fa).





Il Locarnese, ieri e oggi

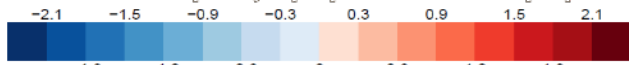
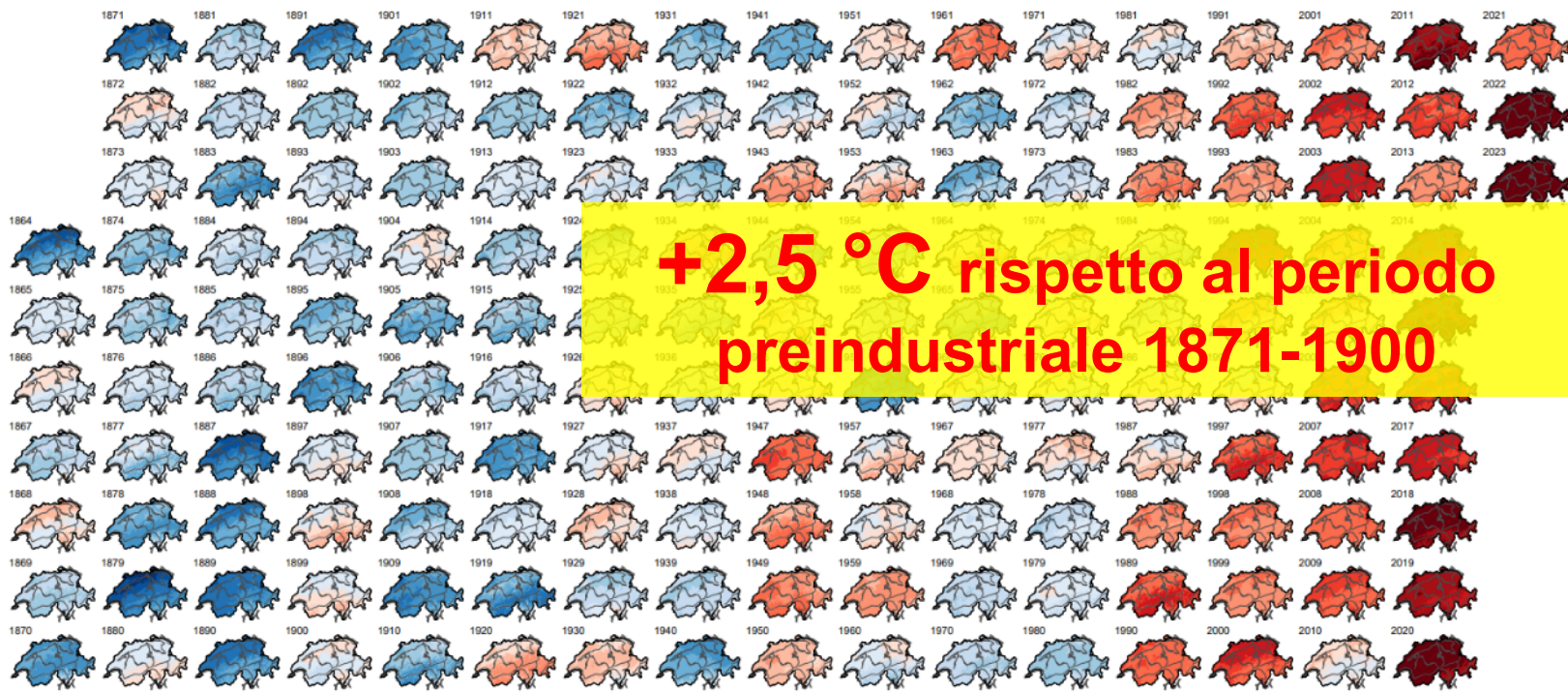


Temperatura globale inferiore di 6 - 8 °C a quella di oggi



Temperatura media annuale in Svizzera dal 1864

anomalia rispetto alla media 1961 - 1990

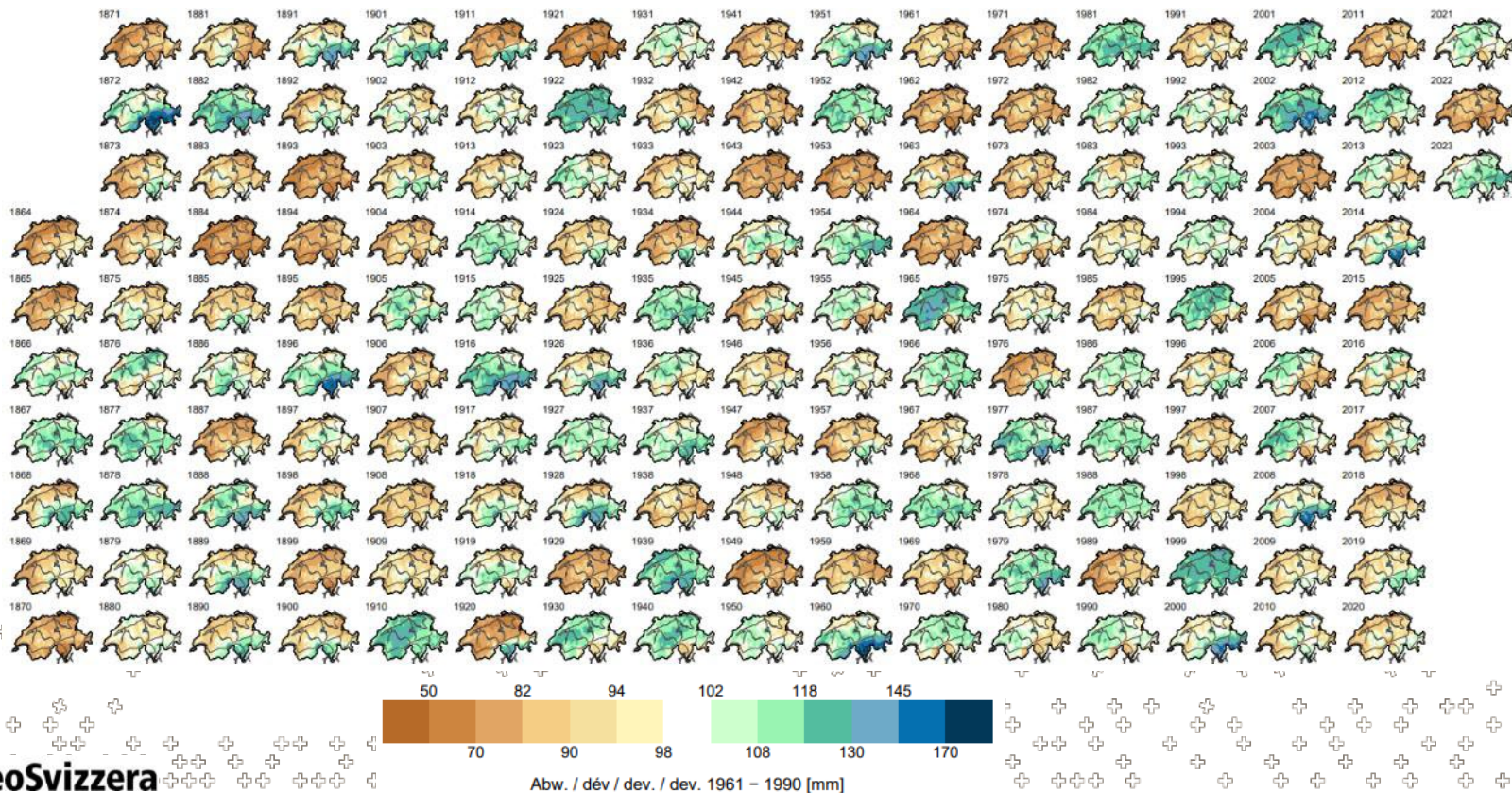


Abw. / dév / dev. / dev. 1961 - 1990 [°C]



Precipitazione media annuale in Svizzera dal 1864

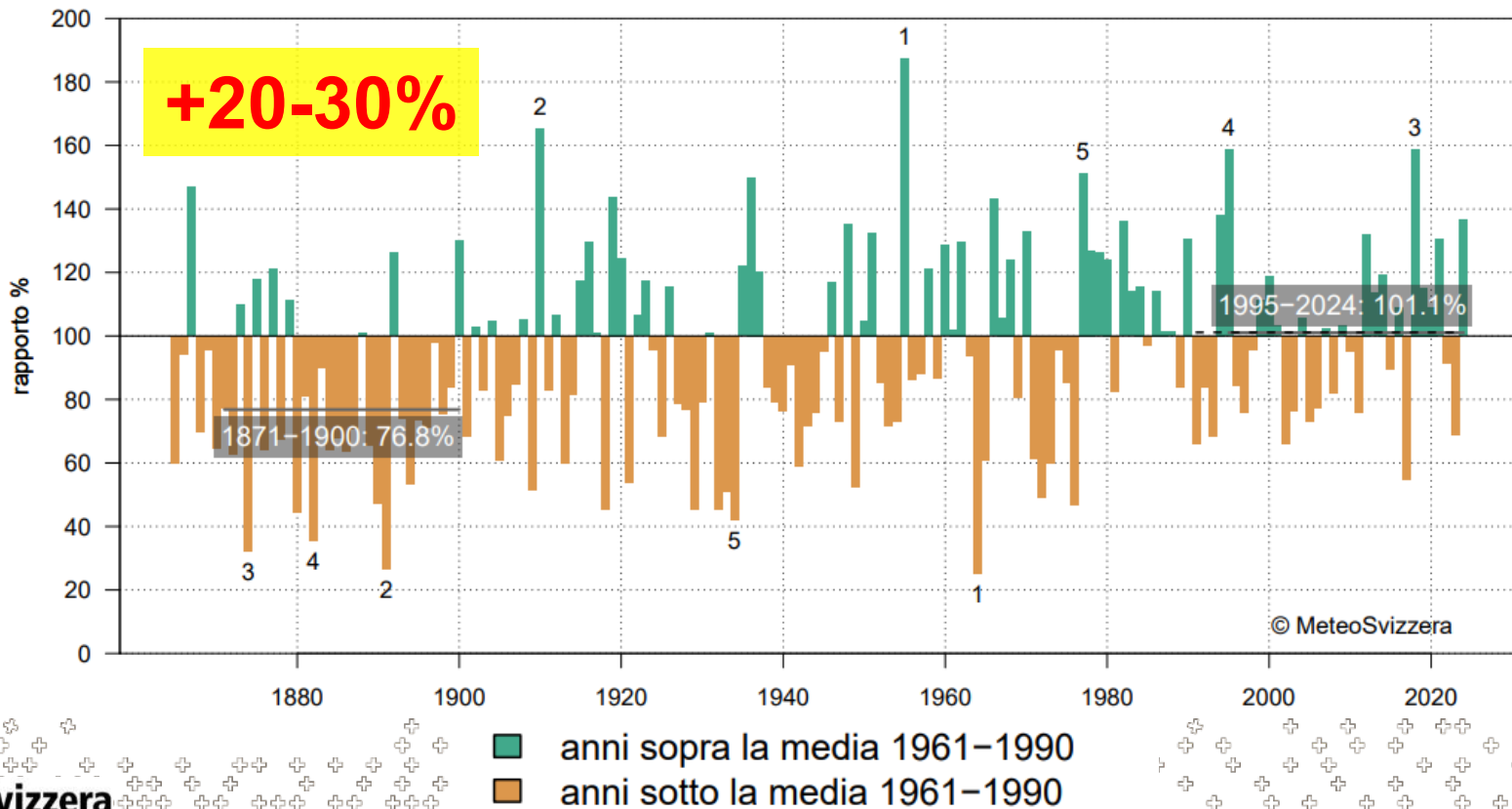
anomalia rispetto alla media 1961 - 1990



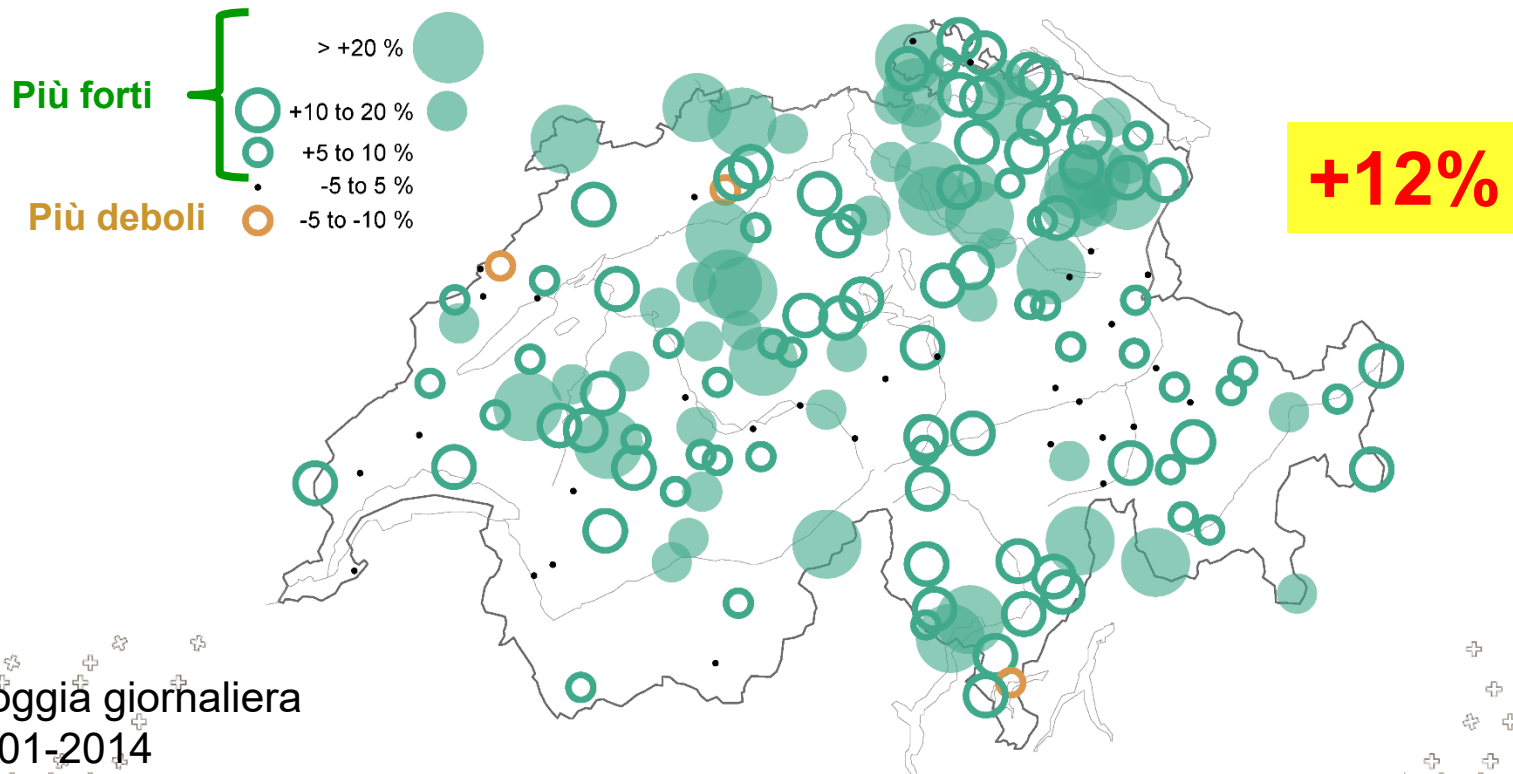


Precipitazione media invernale in Svizzera dal 1864

anomalia rispetto alla media 1961 - 1990



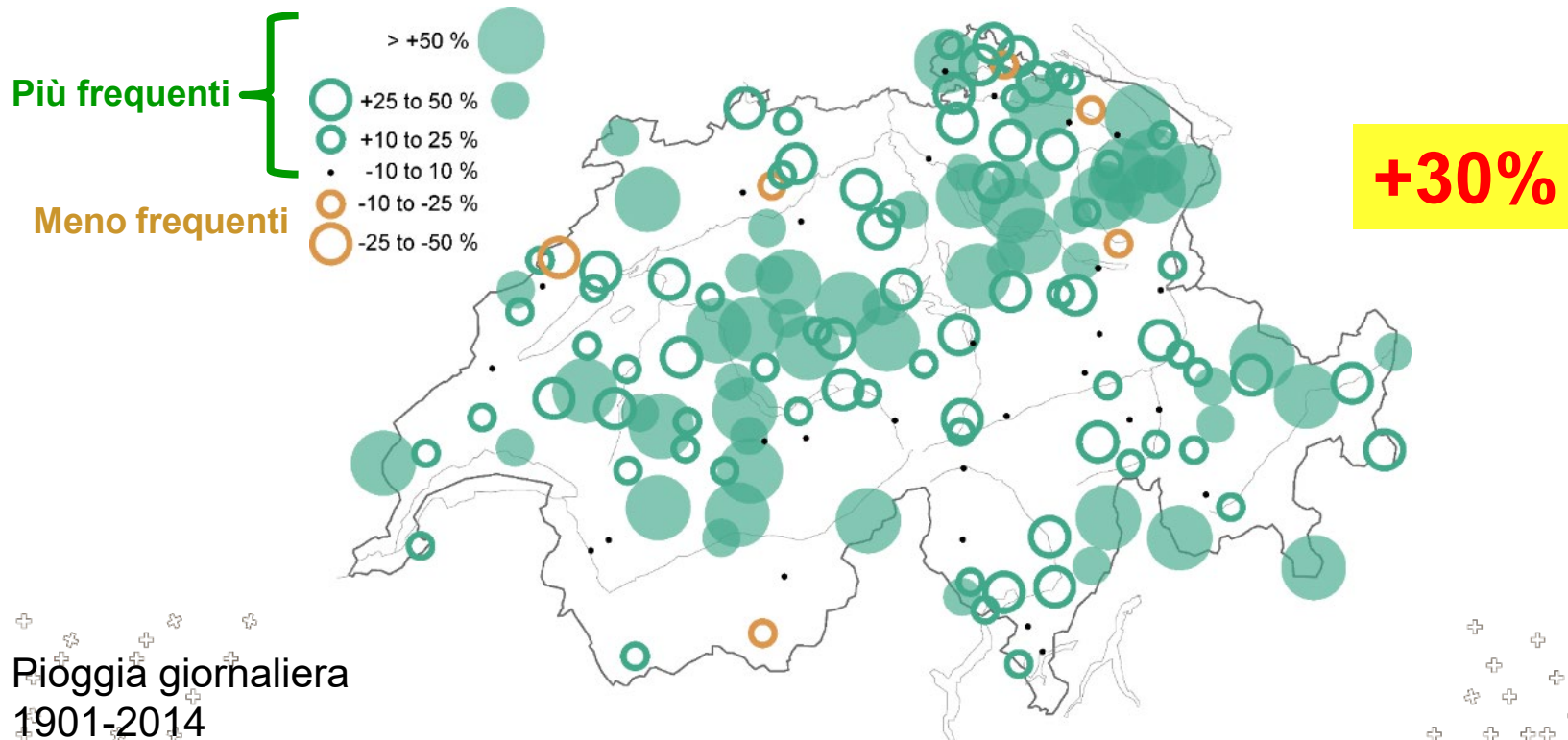
Tendenza dei massimi annuali di pioggia



Pioggia giornaliera
1901-2014



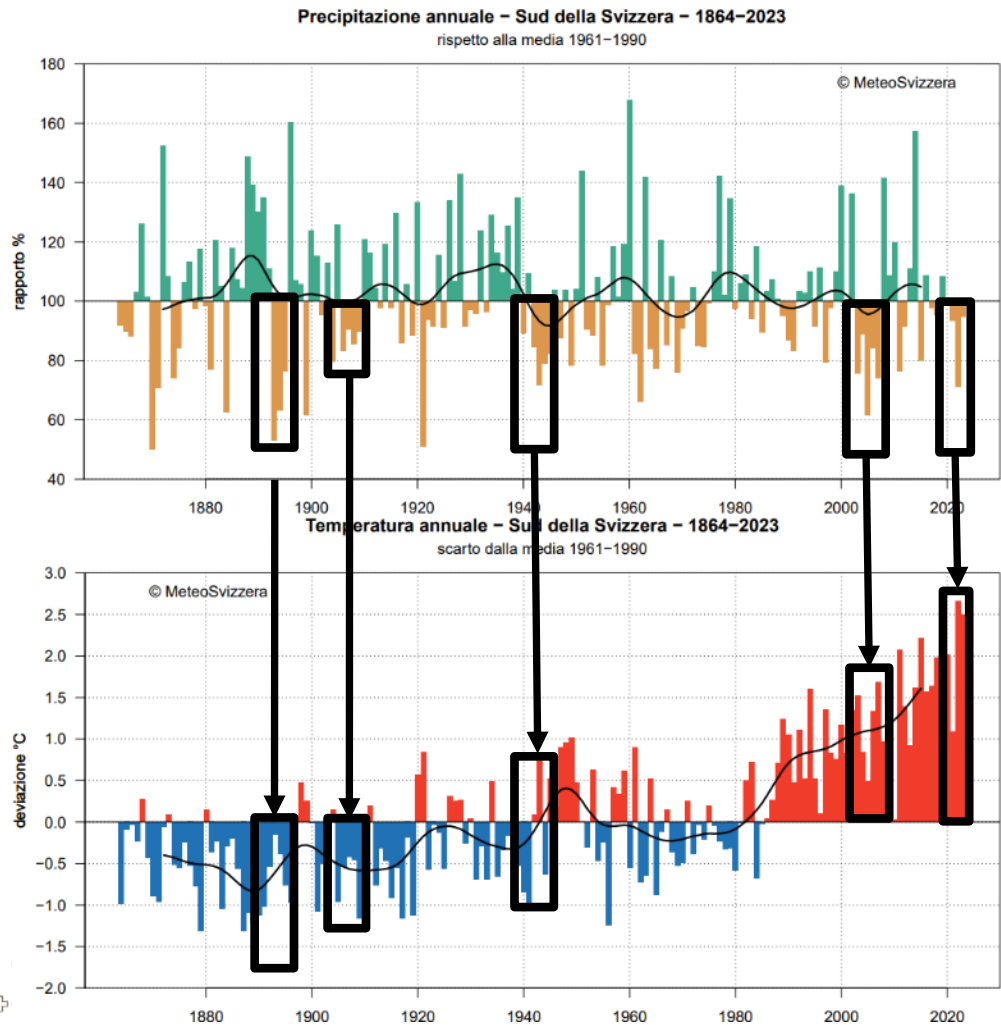
Tendenza del numero di episodi forti di pioggia

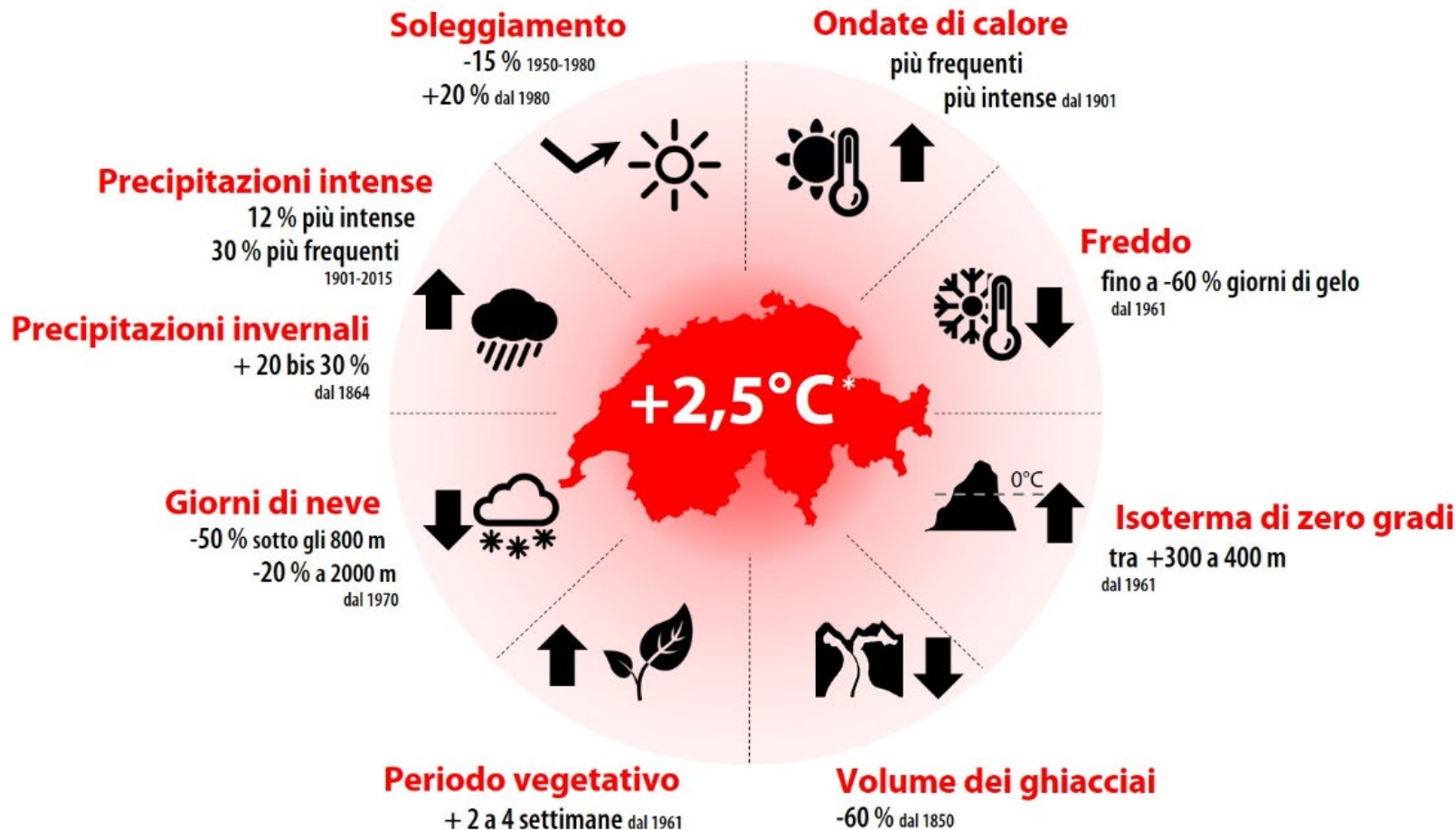


Pioggia giornaliera
1901-2014



È aumentata la siccità?

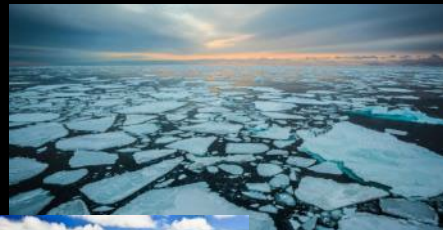




* (Ø 2013-2022) – (Ø 1871-1900)

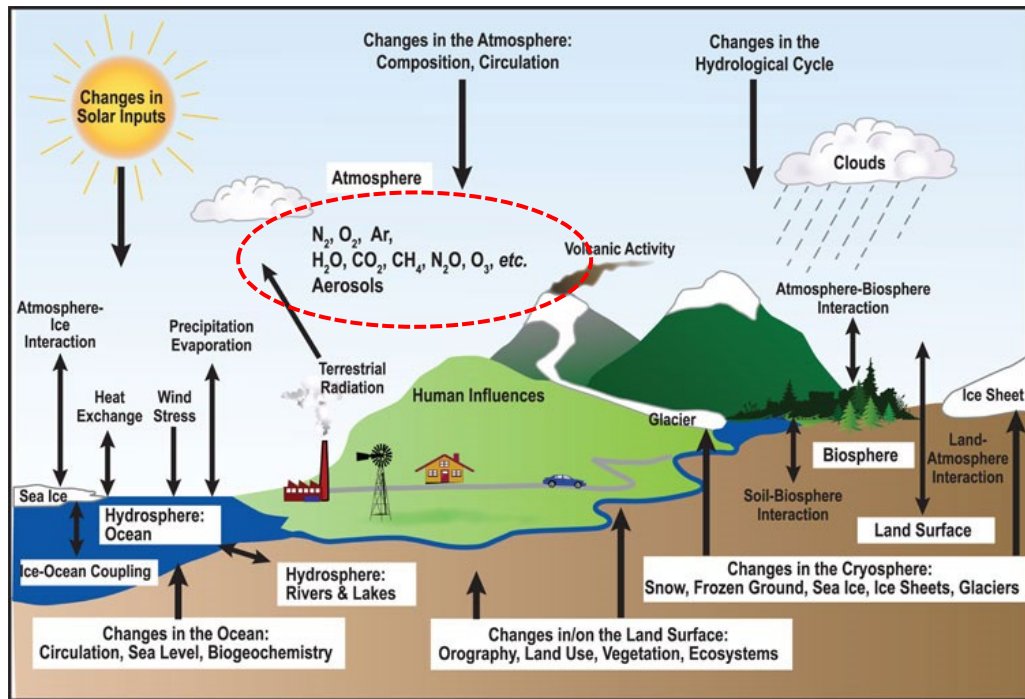
Fino a oggi nessuna variazione significativa: **periodi secchi, vento, temporali, grandine, tempeste invernali**

Come mai?





La conoscenza, le formule, i modelli climatici



Siamo in grado di modellizzare le interazioni.

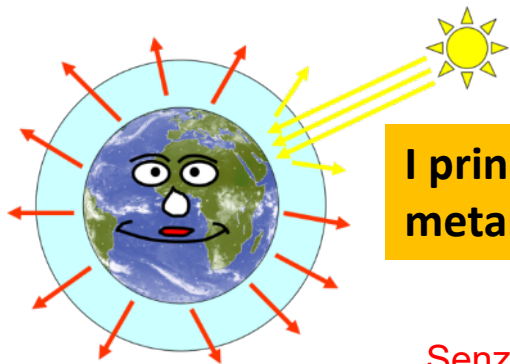
Non ancora perfettamente, ma sempre meglio.

Anche la climatologia è progredita negli ultimi 200 anni.

I gas ad effetto serra sono la forzante decisiva



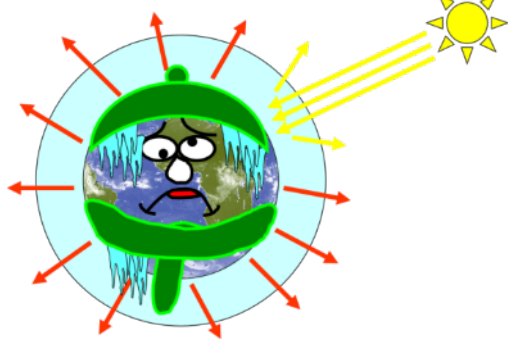
Effetto serra: benedetto, maledetto (e noto da 150 anni ...)



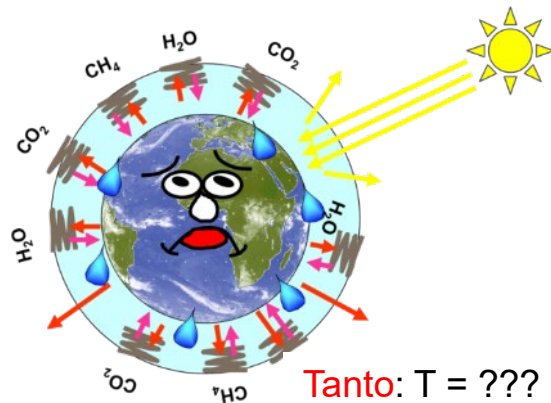
I principali gas serra sono l'anidride carbonica (CO_2 , 67%) il metano (CH_4 , 18%) e il vapore acqueo (H_2O , 5.9%)



Senza: $T \sim -18^\circ\text{C}$



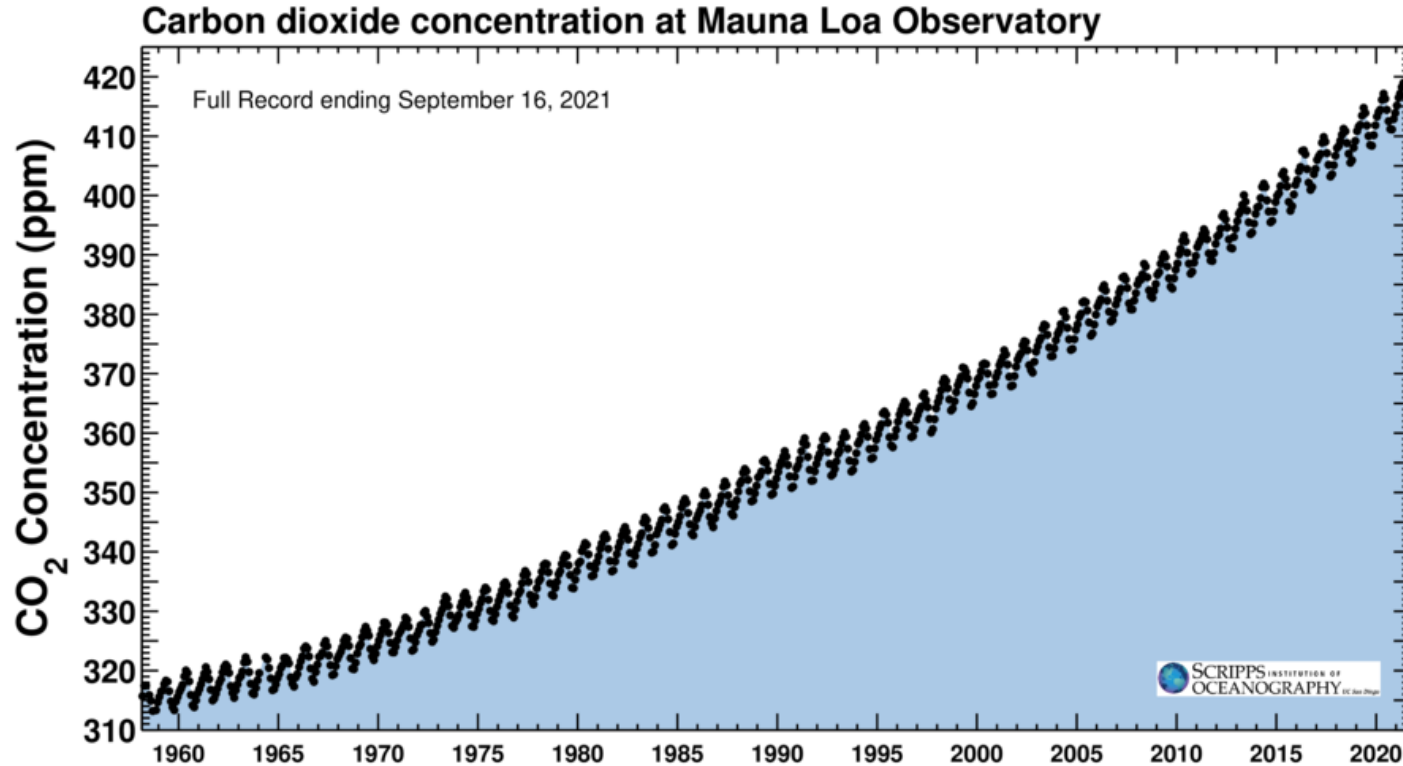
Con: $T \sim +15^\circ\text{C}$



Tanto: $T = ???$

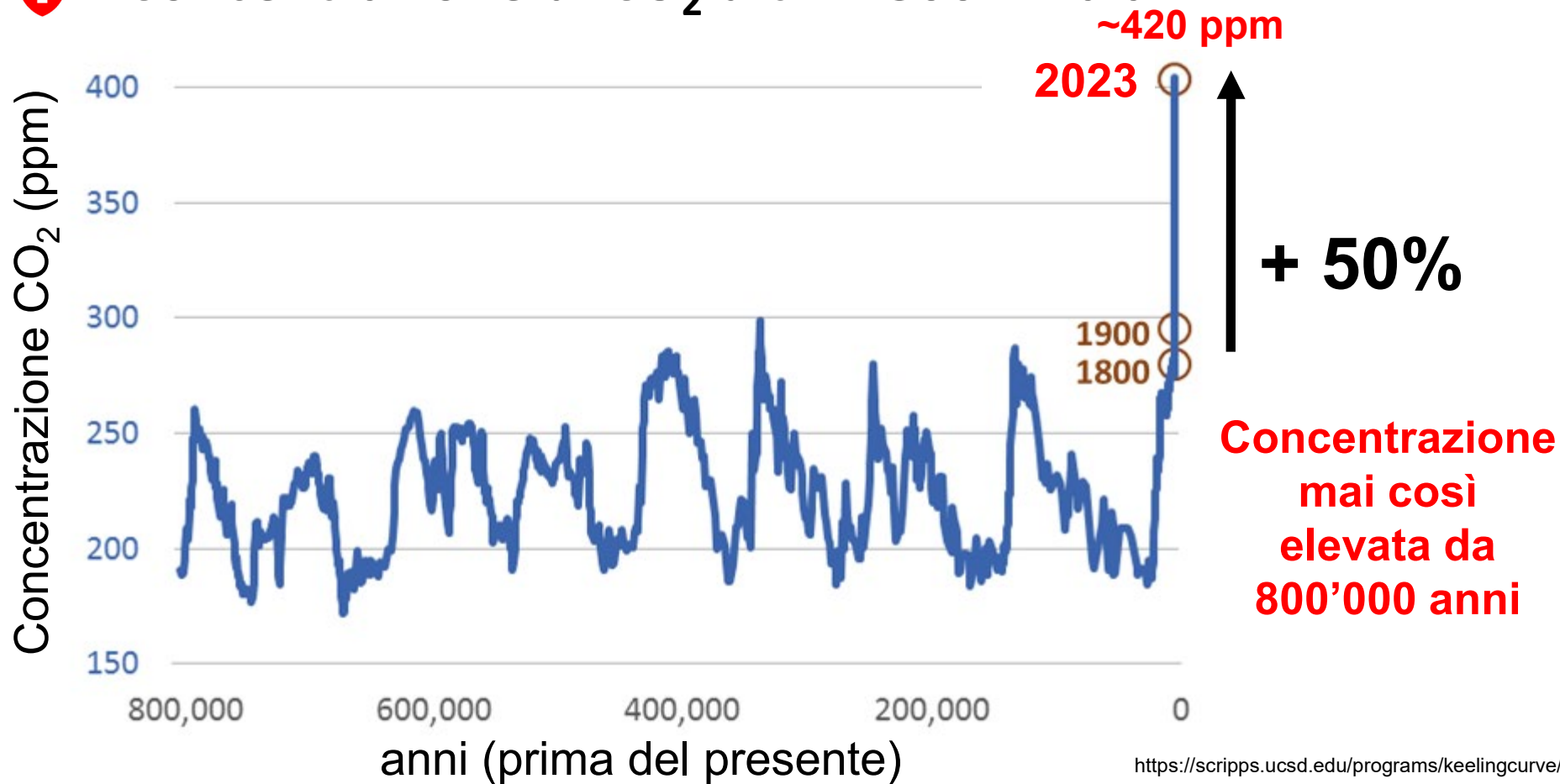


Concentrazione di CO₂ dal 1958





Concentrazione di CO₂ ultimi 800 mila anni





Quanto ne siamo sicuri?

Anomalia
temperatura

1 °C

Temperatura misurata

Modello con solo influenze naturali

Modello con anche influenze umane

0.5 °C

0 °C

Agung

El Chichon

Pinatubo

1900

1920

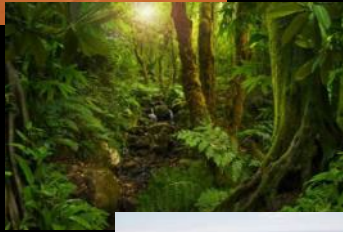
1940

1960

1980

2000

Cosa ci attende in futuro?





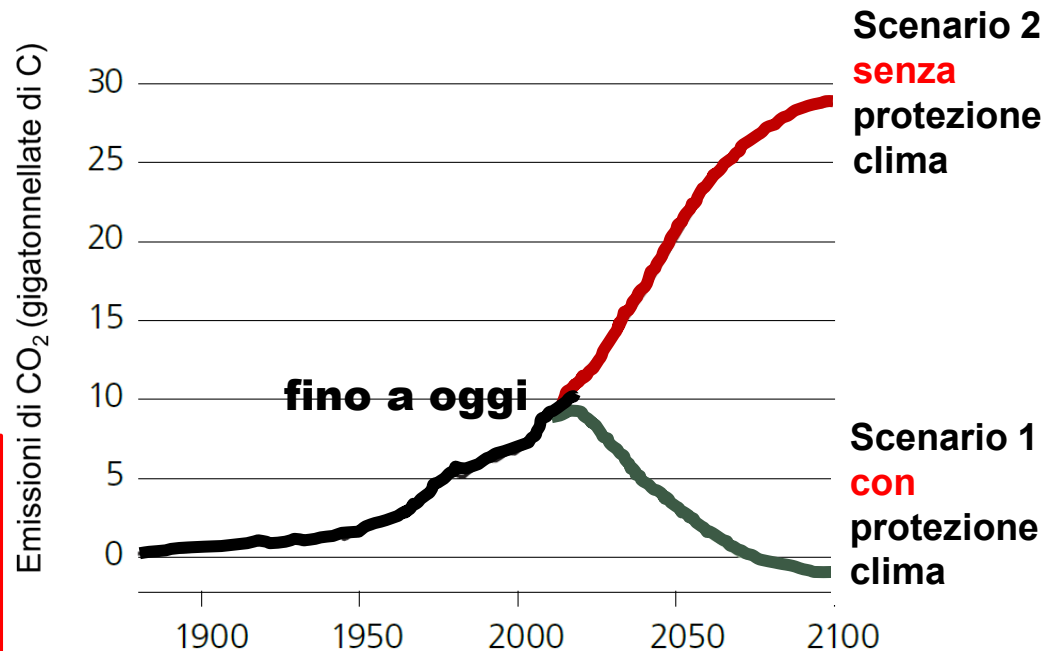
Quanti gas serra emetteremo?

Previsioni climatiche per diversi scenari di emissione dei gas ad effetto serra.
I due più estremi:

Scenario 1: emissioni drasticamente ridotte durante questo secolo

Scenario 2: emissioni in continuo aumento

Quale scenario verrà conseguito dipenderà dalle dinamiche socio-economiche e dalle politiche che verranno messe in atto per mitigare il cambiamento climatico.

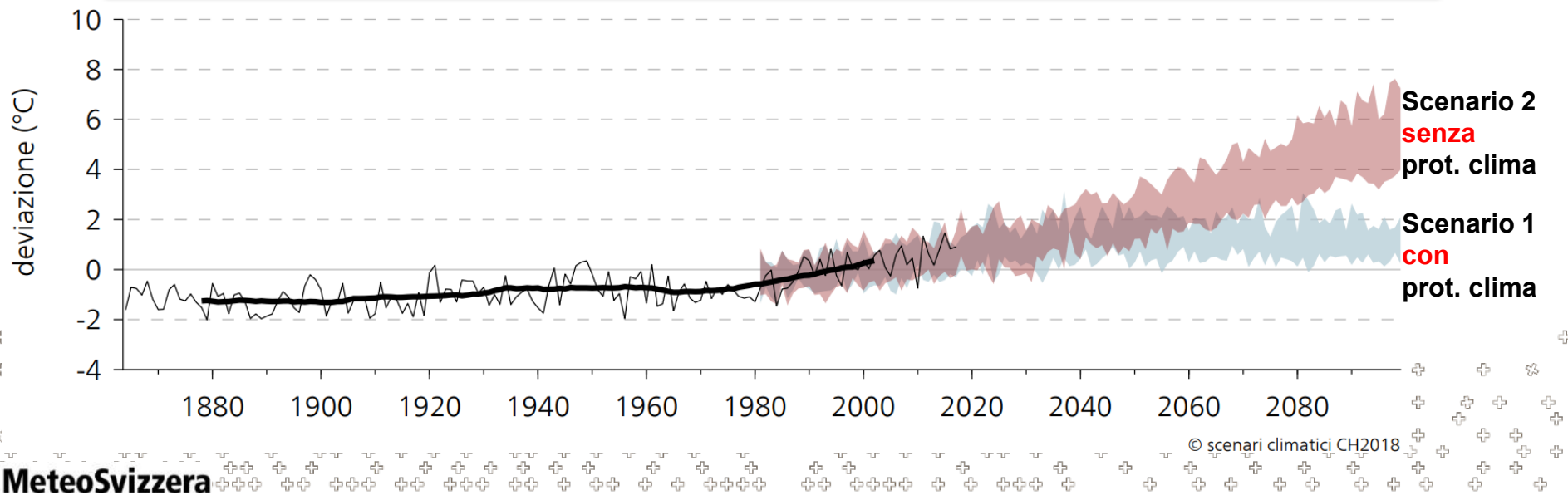




Alcuni cambiamenti sono oramai inevitabili

La protezione del clima funziona

Entro il 2100 circa **2/3** dei cambiamenti climatici possibili possono essere evitati





Come sarà il clima svizzero fra 30 – 50 anni?

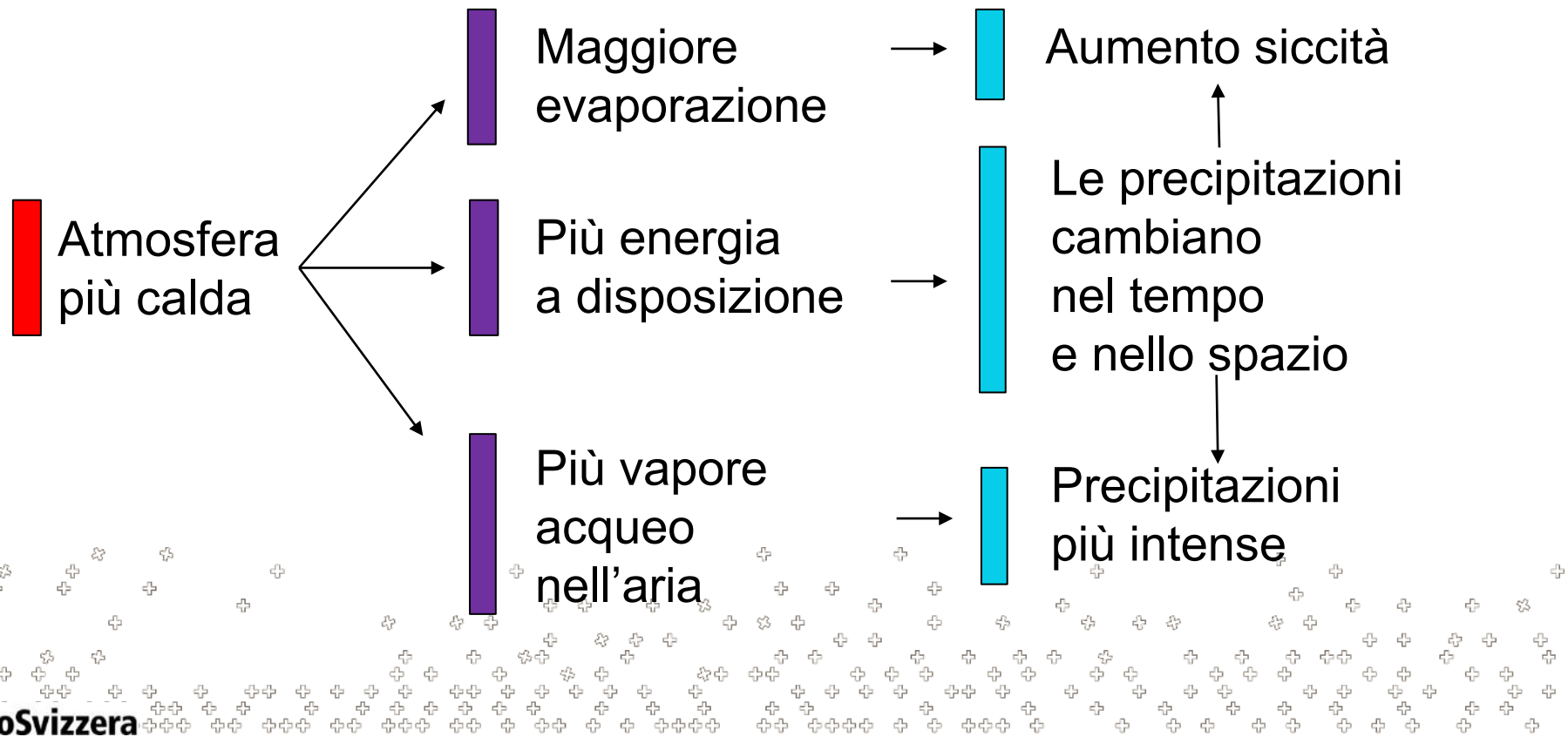


Estate sempre più **asciutte** Sempre più **giornate canicolari**

Piogge sempre più **intense** **Inverni poveri** di neve



Conseguenze sul ciclo dell'acqua





Conseguenze sul ciclo dell'acqua

INVERNO



- Limite delle nevicate sempre più alto
- Fusione della neve «fuori» stagione
- Eventi con precipitazioni abbondanti

PRIMAVERA



- Rapida fusione del manto nevoso

ESTATE



- Assenza di neve / nevai
- Periodi siccitosi intervallati da eventi temporaleschi intensi

AUTUNNO

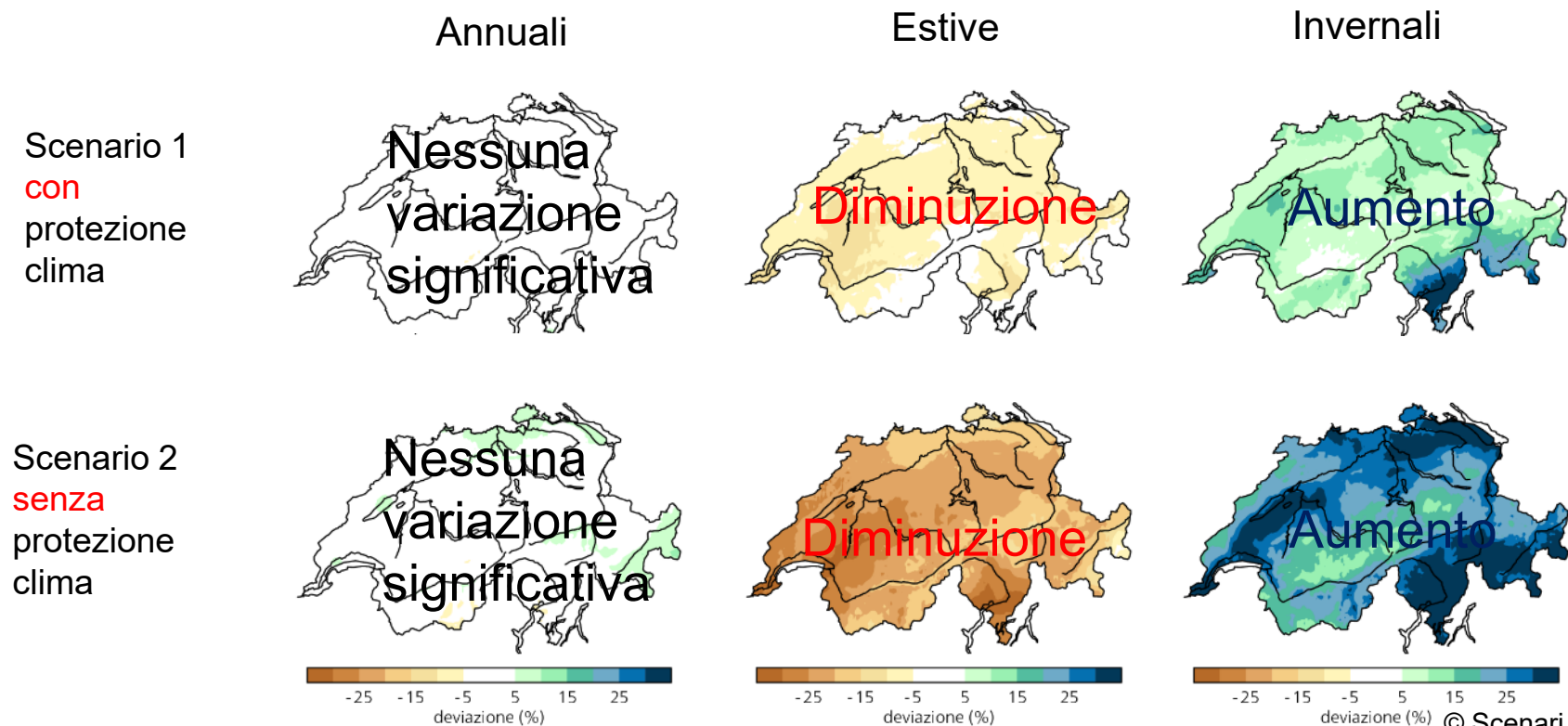


- Copertura nevosa tardiva
- Precipitazioni autunnali tardive



Cambiamento nelle precipitazioni

Precipitazioni, proiezioni a fine secolo rispetto alla norma 1981-2010

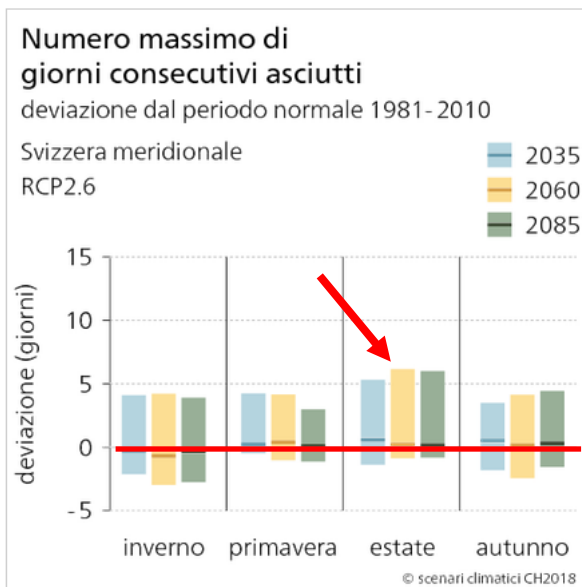




Periodi asciutti: durata

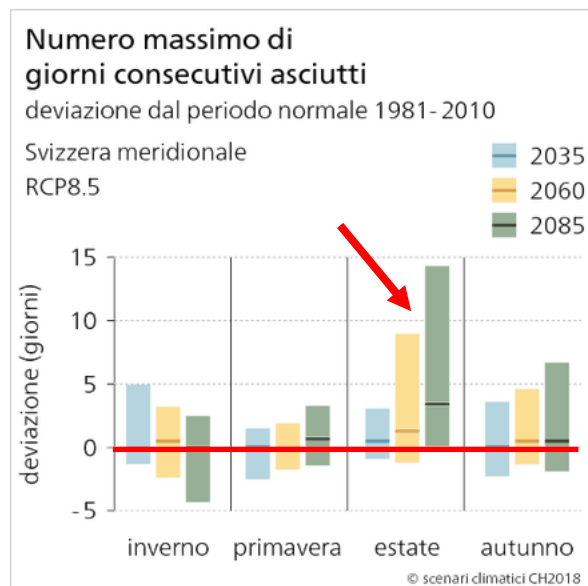
Scenario 1

con protezione clima



Scenario 2

senza protezione clima

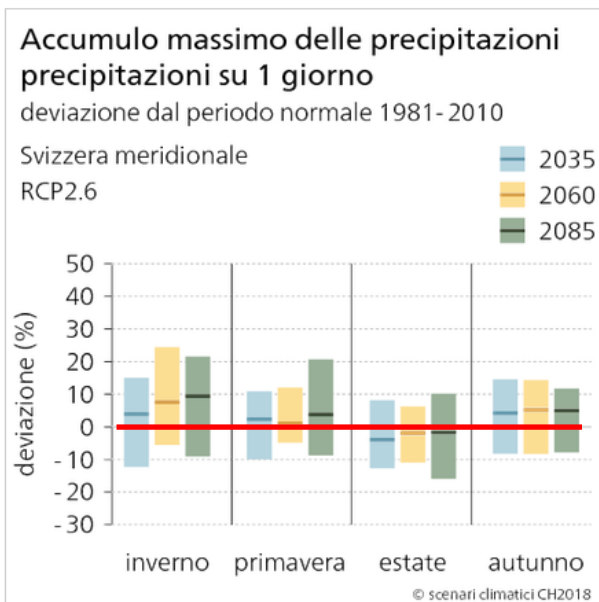




Precipitazioni intense giornaliere

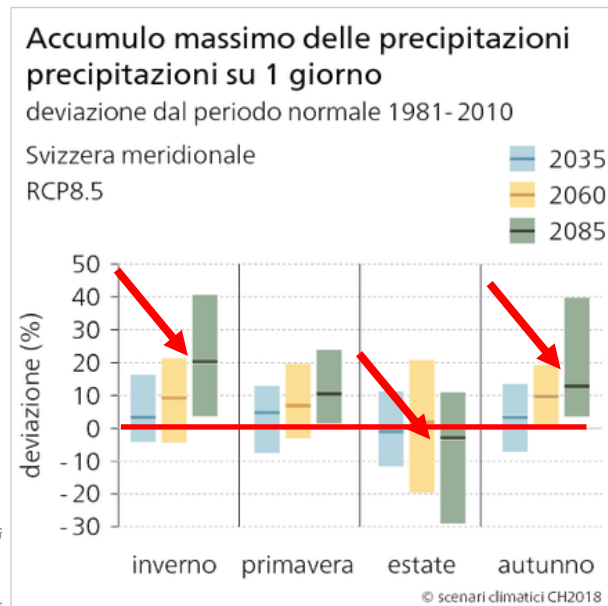
Scenario 1

con protezione clima



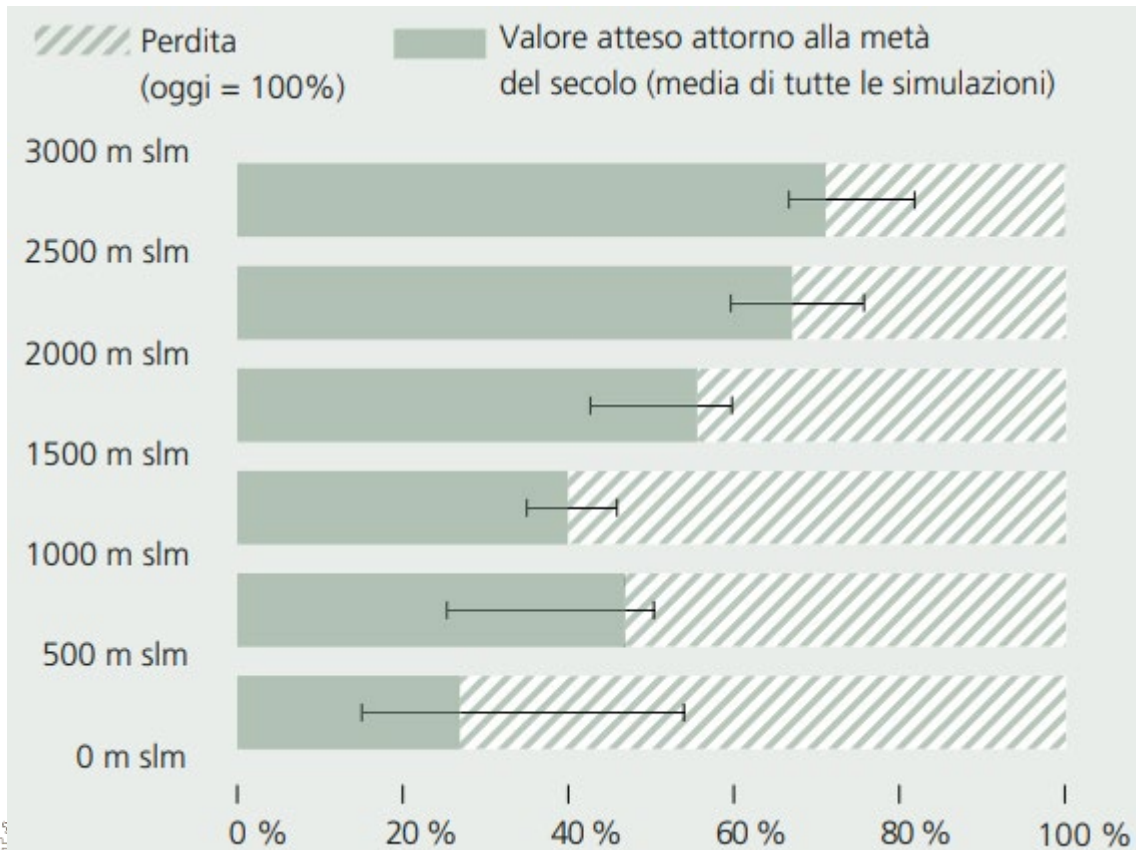
Scenario 2

senza protezione clima





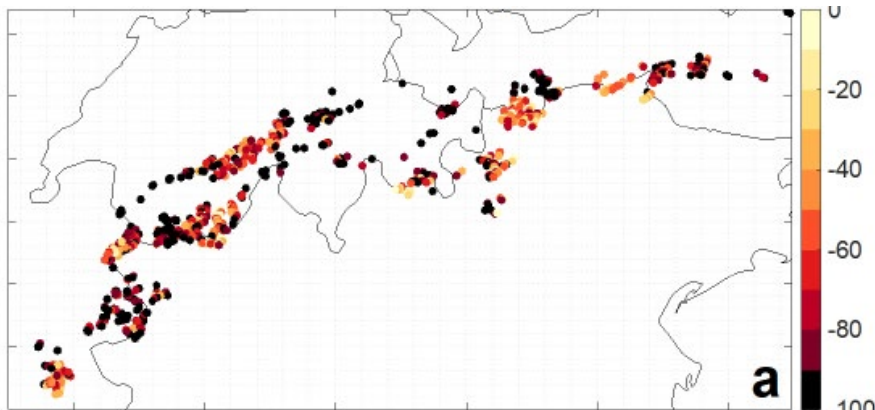
Innevamento





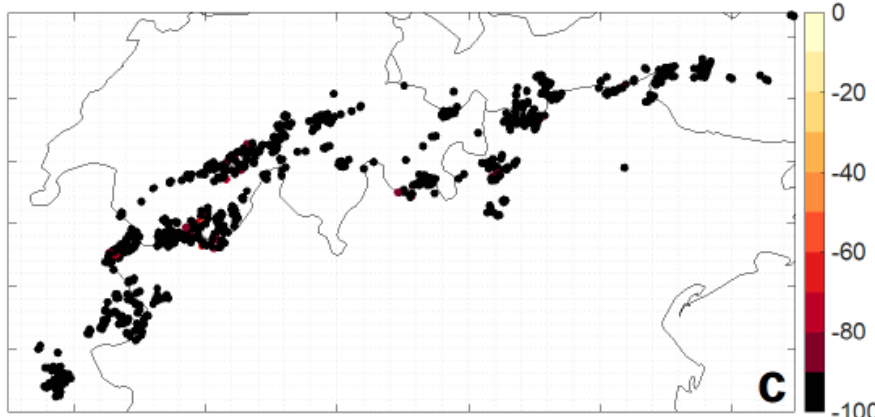
Ghiacciai

Proiezione al 2100, variazione percentuale rispetto al 2017



Scenario 1
con protezione clima,
proiezione al 2100

Dal 1850 i ghiacciai alpini hanno già perso più della metà del loro volume.

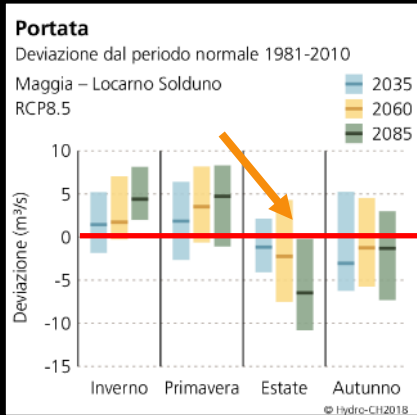
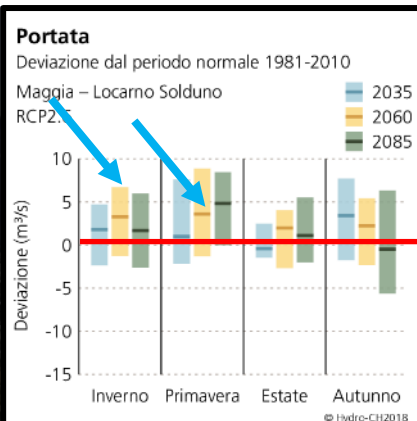


Scenario 2
senza protezione clima,
proiezione al 2100



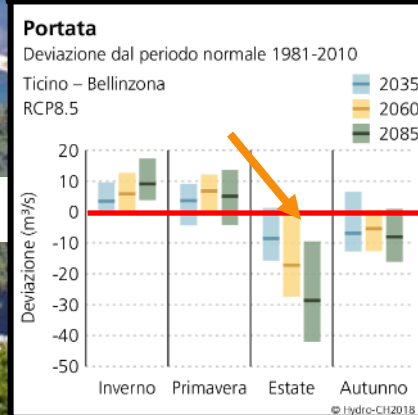
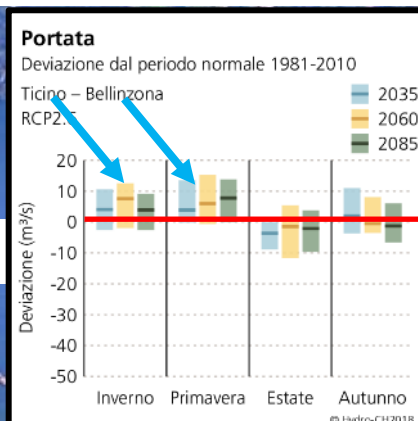


Portata dei fiumi Maggia e Ticino



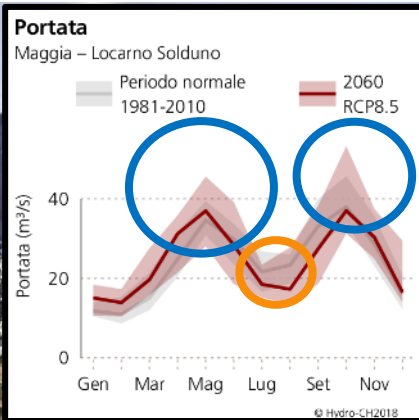
← Scen. 1 **con** protez. del clima →

← Scen. 2 **senza** protez. del clima →

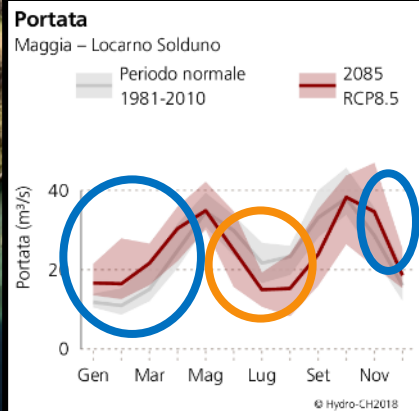




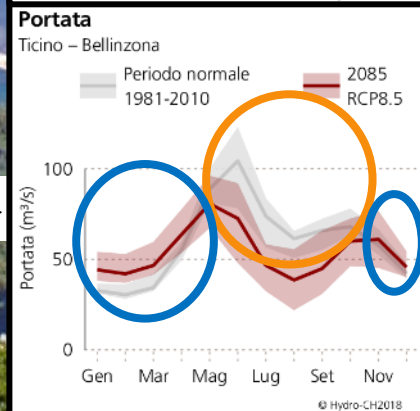
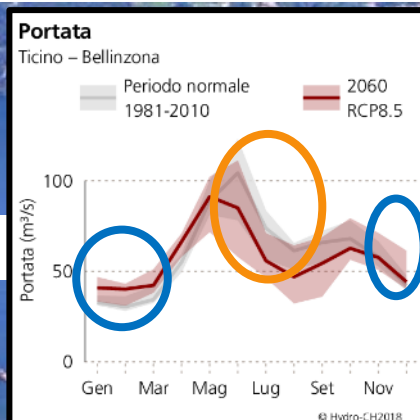
Portata dei fiumi Maggia e Ticino



← Scen. 1 **con** protez. del clima →



← Scen. 2 **senza** protez. del clima →





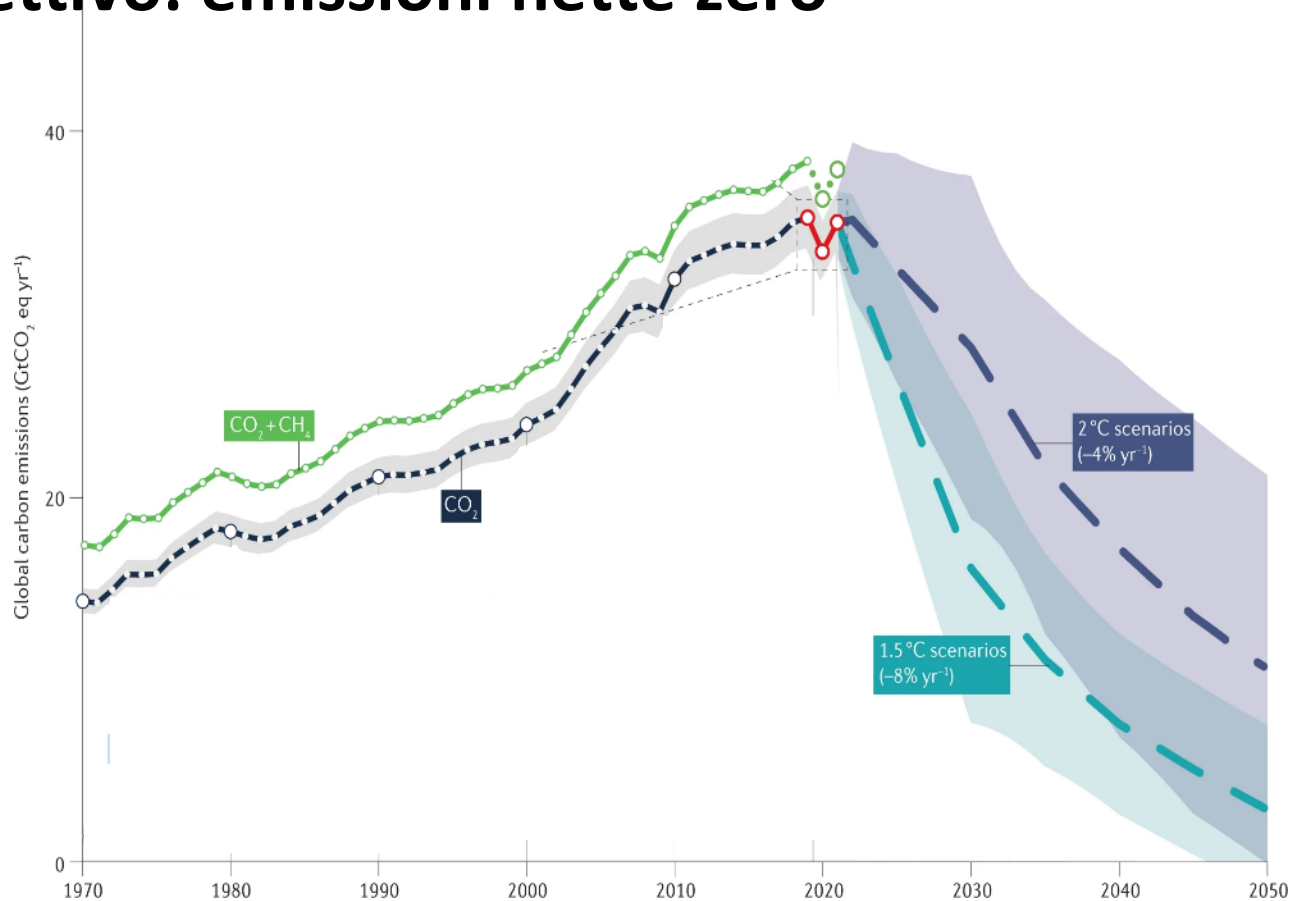
Mitigazione e adattamento

Verso una società netto zero emissioni di gas ad effetto serra





Obiettivo: emissioni nette zero





Mitigazione e **adattamento**

Siamo una società a norma





Adattamento

Siamo incamminati verso il clima di ...

RCP8.5

**TEMPERATURE AND
PRECIPITATION**

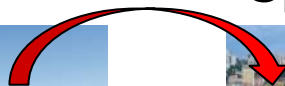
Lugano

- 1 SPLIT MARJAN (HR)
- 2 FIRENZE (IT)
- 3 NAPOLI/CAPODICHIN (IT)
- 4 GENOVA SESTRI (IT)
- 5 TIVAT (MJ)

Lugano



Split





Il cambiamento climatico in 20 parole

- **Reale.**
- **Pericoloso.**
- **È indotto dalle attività umane.**
- **Il consenso scientifico è sufficientemente robusto per decidere.**
- **Possiamo ancora fare qualche cosa.**



Non è la terra

A essere in pericolo non è il pianeta Terra in sé, ma è il pianeta come noi lo conosciamo. Con il suo clima a cui ci siamo abituati, il mare dov'è, le piogge che scendono in un certo modo. Con le piante e gli animali che amiamo, con la loro incredibile biodiversità. E con noi stessi, i nostri complicati modi di vivere, la nostra civiltà che sta spadroneggiando sulla superficie del pianeta. Ma il pianeta potrebbe fare a meno di noi umani come ha fatto a meno dei mammut e dei tirannosauri. Se non riusciremo a distruggere il pianeta potremo cambiarne pesantemente il volto, alterando alcuni suoi tratti caratteristici, l'estensione dei ghiacci, la salute delle foreste, le temperature degli oceani, la frequenza delle tempeste.

[...]

Il pianeta non è in pericolo. Lo sono la specie umana e gli altri esseri viventi che lo popolano. Lo sappiamo e sappiamo perché. E anche questa è una buona notizia.

Stefano Caserini

Primo capitolo libro «Il clima è (già) cambiato. 10 buone notizie sul cambiamento climatico» Edizioni Ambiente



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

MeteoSvizzera

Via ai Monti 146

CH-6605 Locarno-Monti

T +41 58 460 92 22

www.meteosvizzera.ch

MétéoSuisse

7bis, av. de la Paix

CH-1211 Genève

T +41 58 460 98 88

www.meteosuisse.ch

MeteoSchweiz

Operation Center 1

CH-8058 Zürich-Flughafen

T +41 58 460 91 11

www.meteoschweiz.ch

MétéoSuisse

Chemin de l'Aérologie

CH-1530 Payerne

T +41 58 460 94 44

www.meteosuisse.ch

MeteoSvizzera



TEMPO LIBERO E RIPOSO

NAVIGAZIONE

ENERGIA IDROELETTRICA

ACQUA POTABILE E
ACQUA INDUSTRIALE

UTILIZZARE LE ACQUE



PESCA



DEPURAZIONE DELLE
ACQUE DI SCARICO



BIODIVERSITÀ



PROTEZIONE DELLA
FALDA FREATICA E
DEL SUOLO



PROTEZIONE DELLE GOLENE
E DELLE AREE UMIDE



MANTENIMENTO E RIPRISTINO
DELLE ACQUE NATURALI



MANUTENZIONE
ACQUE



PIANIFICAZIONE DEL
TERRITORIO



IRRIGAZIONE



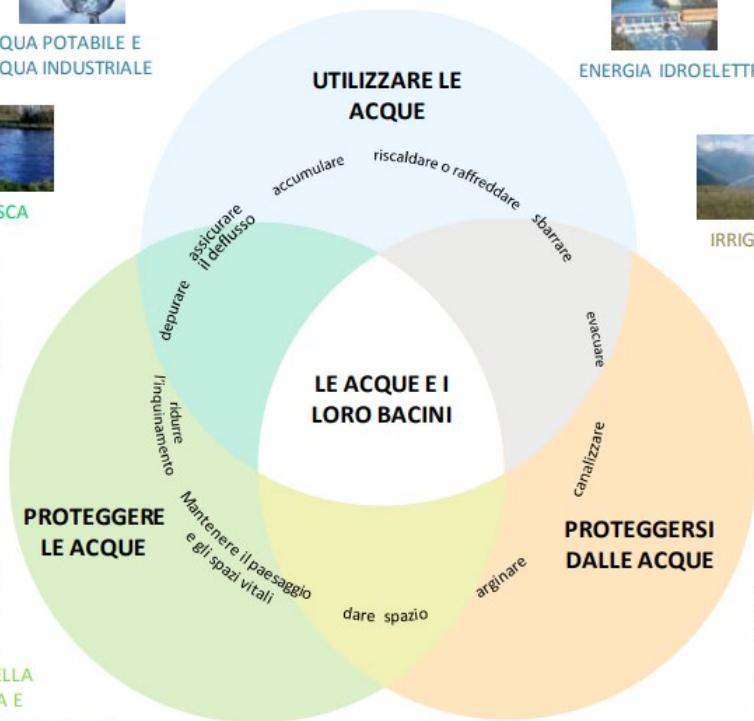
DRENAGGIO



REGOLAZIONE DEI LAGHI



PROTEZIONE
STRUTTURALE
CONTRO LE PIENE





Città spugna

- Concetto di pianificazione urbana
- Obiettivo: assorbire e immagazzinare l'acqua piovana invece di incanalarla e drenarla
- Per prevenire le inondazioni durante le precipitazioni intense, migliorare il clima urbano e la salute del verde





Città spugna



Foto: P. Pionchon

*Lyon, Lycée St. Exupéry,
sistemazione corte esterna (2011)*



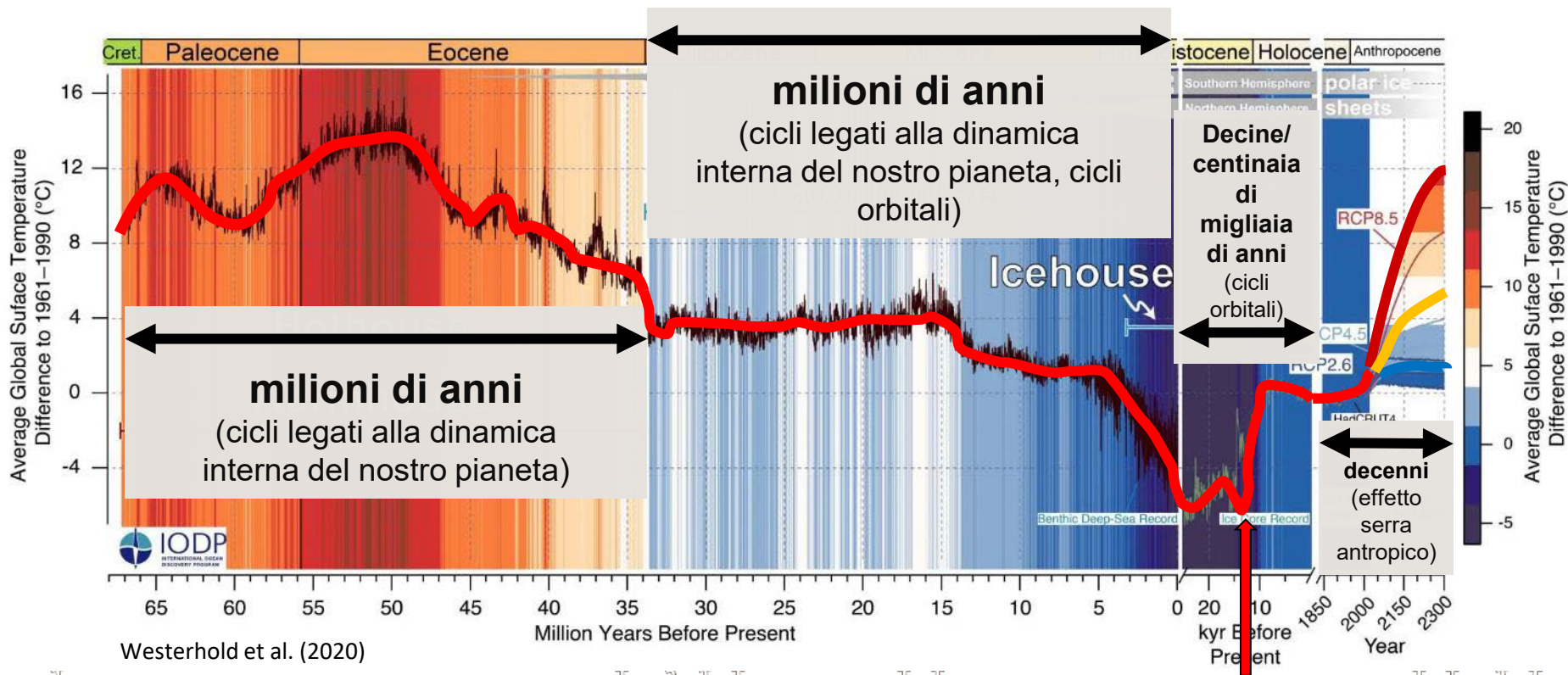
Foto: S. Oppliger



Foto: UPAAI

Courtesy of S. Prodam Tich, Cantone TI

Variazioni temperatura: scale temporali



Ultime glaciazioni
(ca. 12 mila anni fa)



Non solo temperatura...

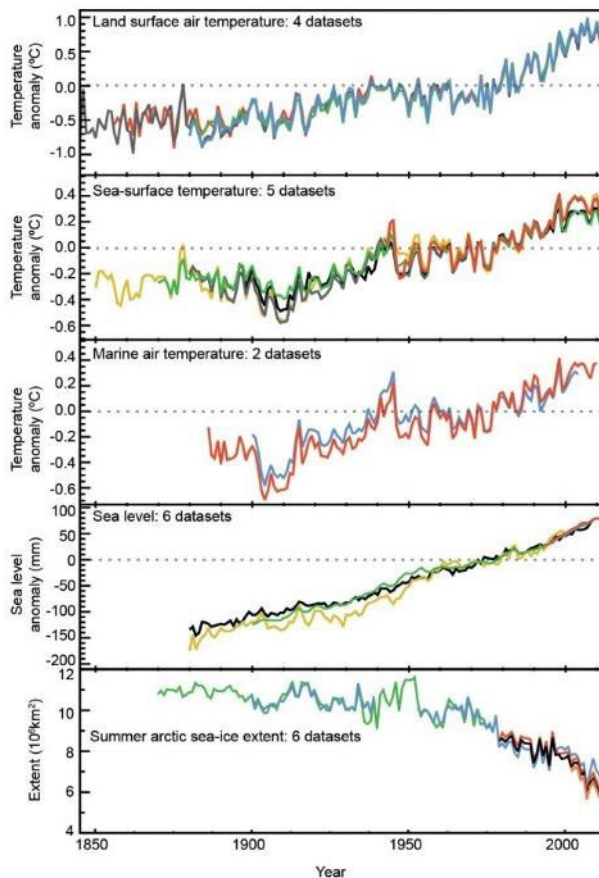
**Temperatura dell'aria
sopra le terre emerse**

Temperatura del mare

**Temperatura dell'aria
sopra gli oceani**

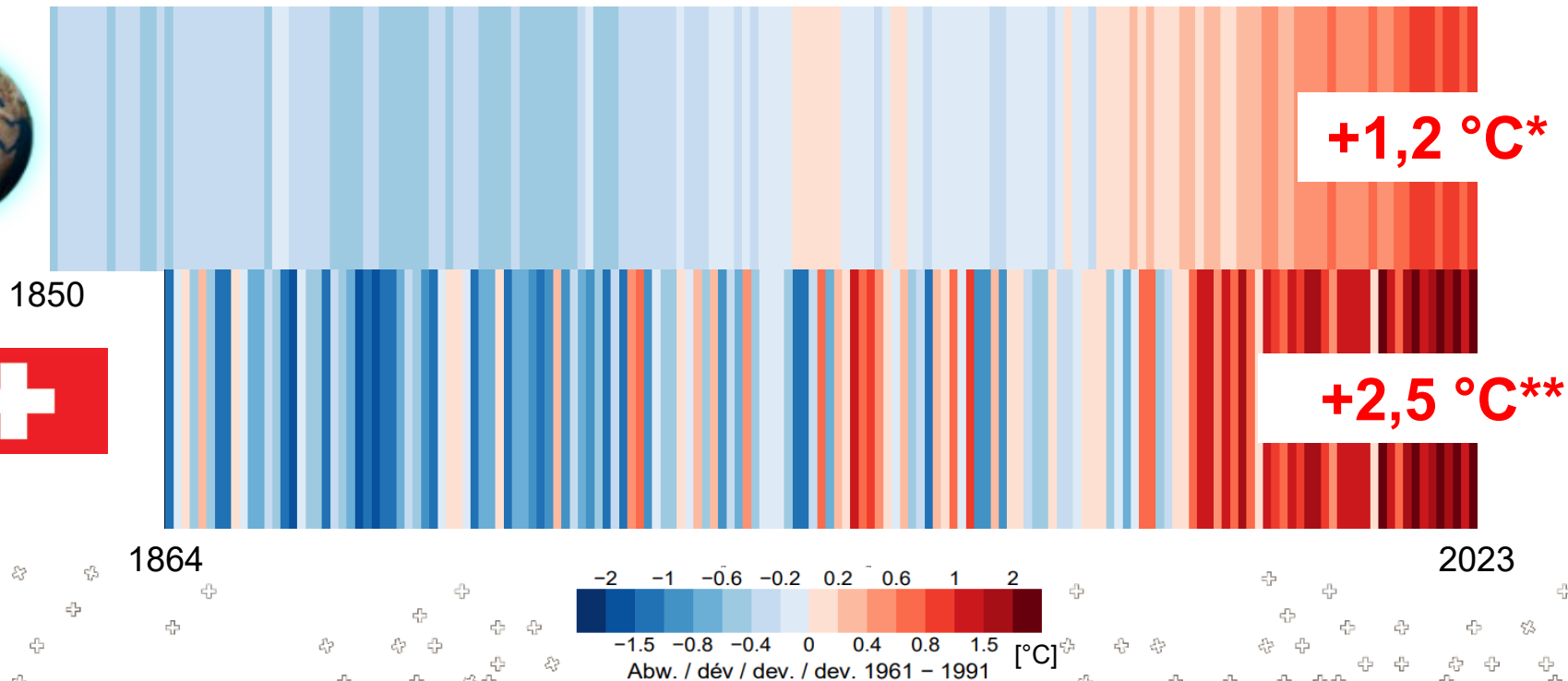
Livello del mare

**Estensione del
ghiaccio artico in
estate**





Aumento della temperatura media

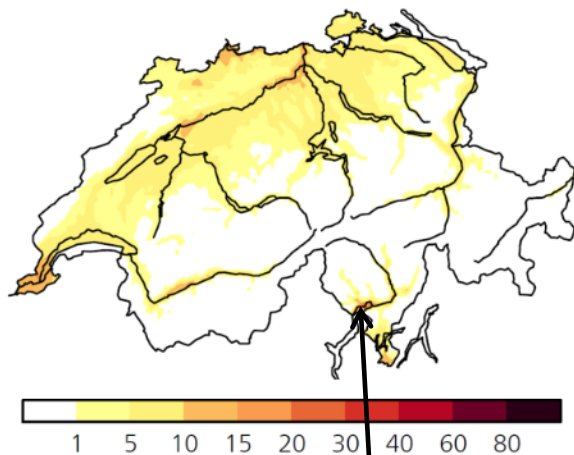


Daten: HadCRUT5 (global), MeteoSchweiz (CH) * Mittel 2013-2022 vs. 1850-1900 / ** Mittel 2013-2022 vs. 1871-1900



Giornate tropicali $T_{max} > 30^{\circ}\text{C}$

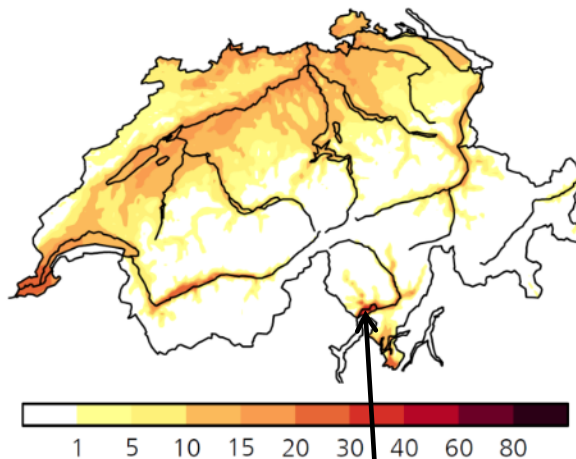
Osservato
(1981-2010)



Ascona: 10 - 20

Scenario 1

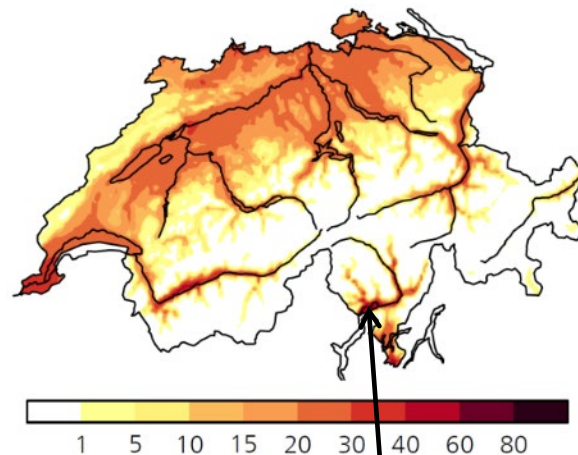
Con protezione del clima



Ascona: 30 - 40

Scenario 2

Senza protezione del clima



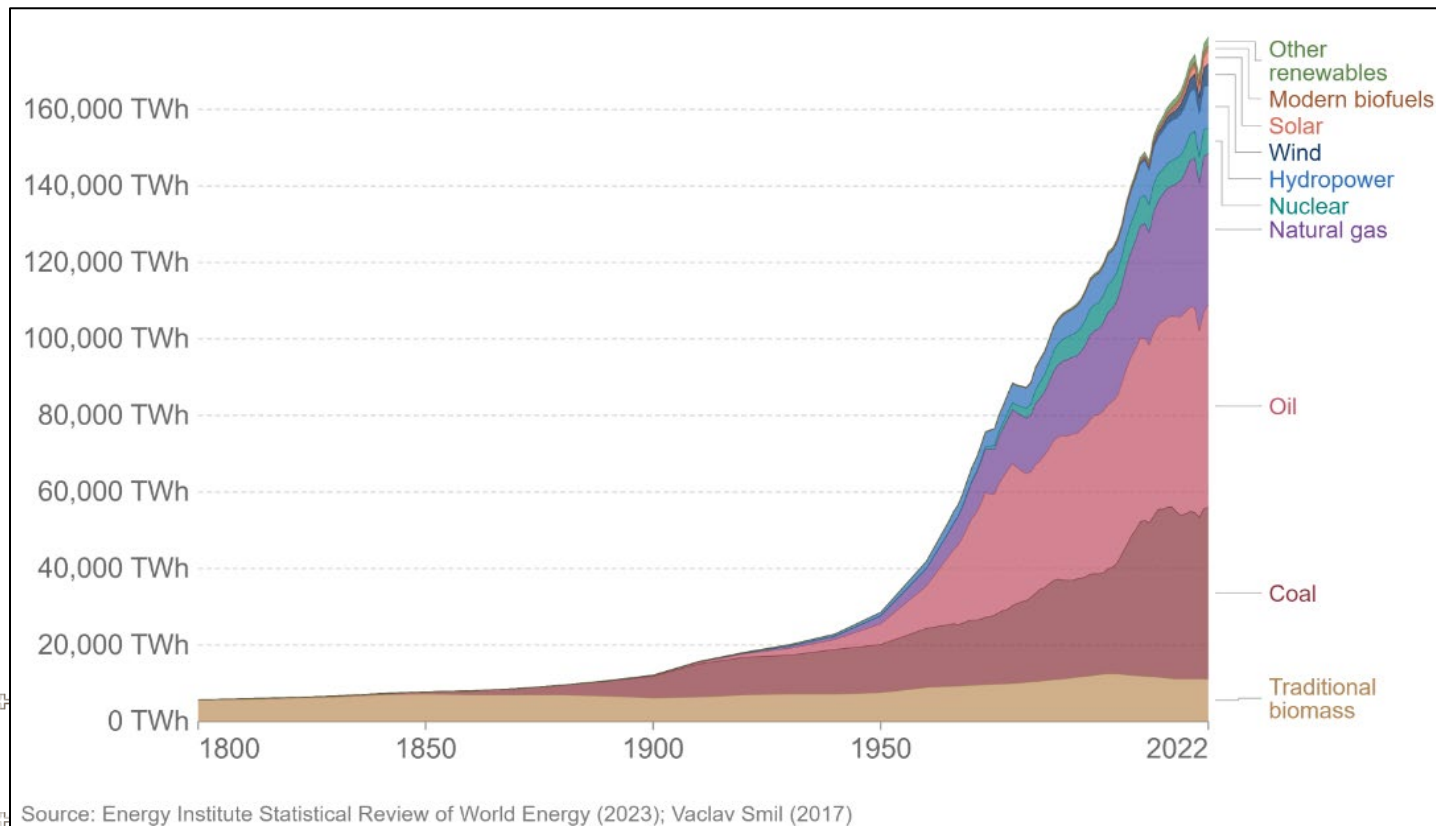
Ascona: 40 - 60

(attorno a metà secolo)

Fonte: Scenari climati CH2018 / NCCS



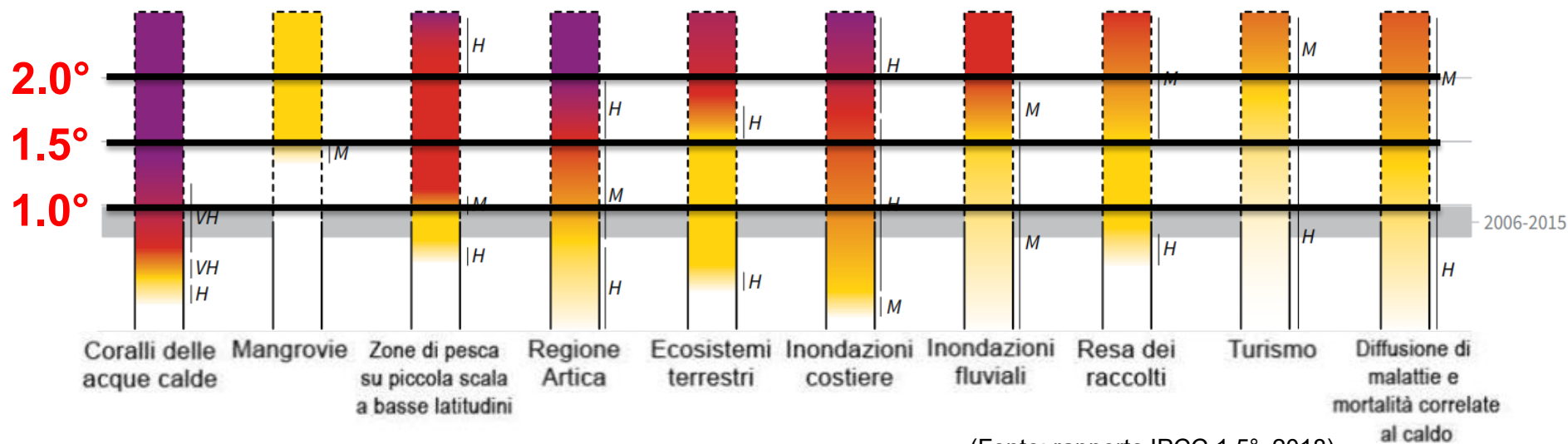
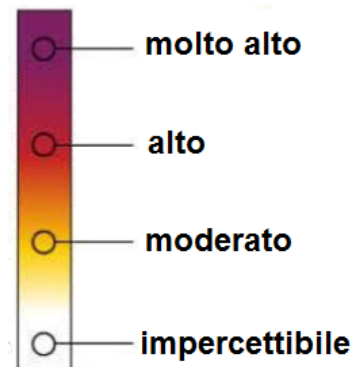
Che tipo di energia utilizziamo?





+ 1.5°, + 2.0°+ 6.5°
... tanto o poco?

livello di
rischio

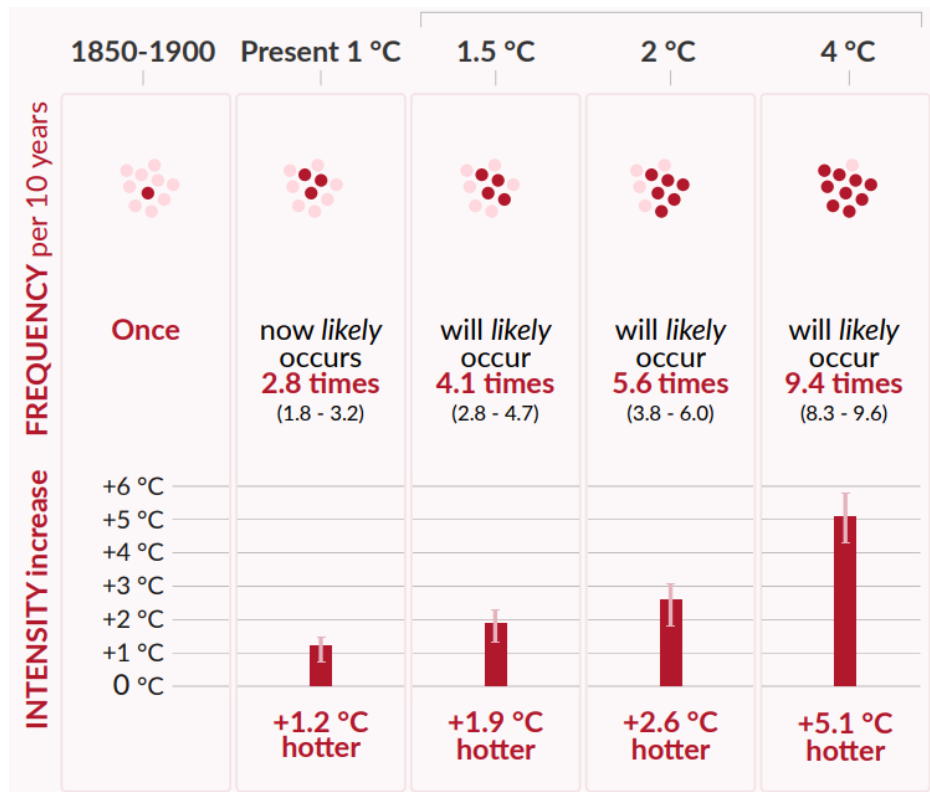


(Fonte: rapporto IPCC 1.5°, 2018)

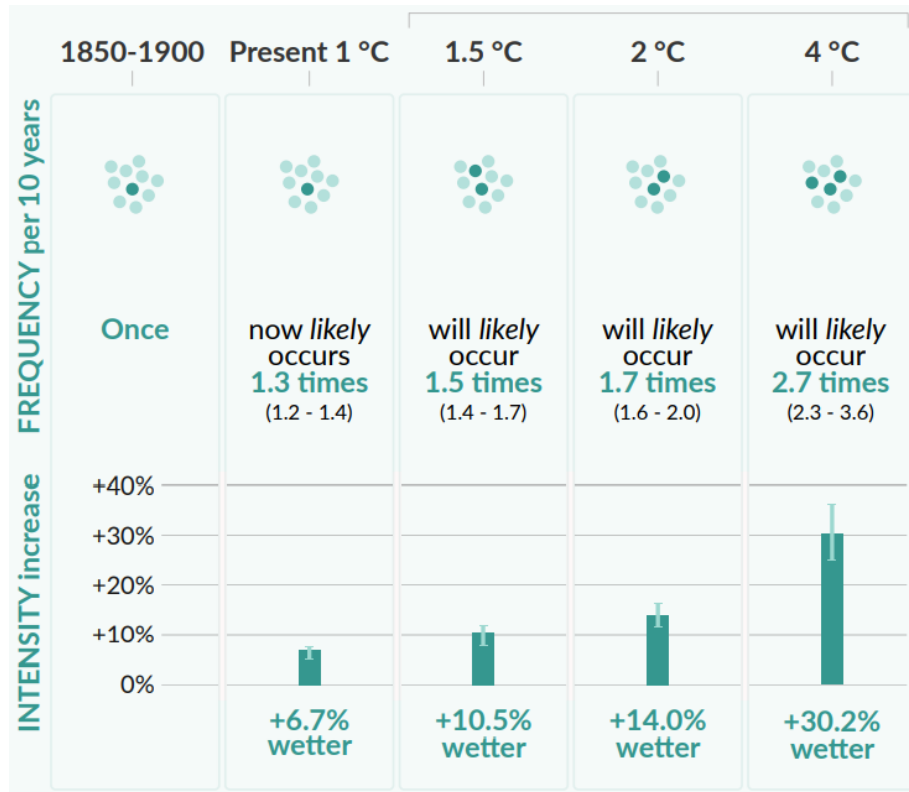


Cambiamento degli estremi a livello globale

Estremi di temperatura



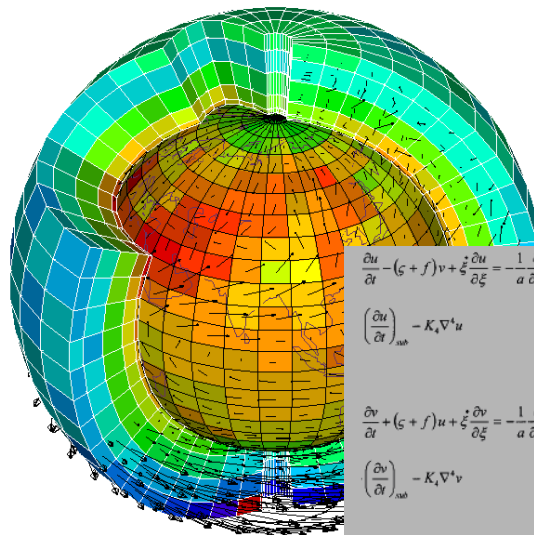
Estremi di precipitazione





Modelli climatici globali

- Sono **modelli fisico-matematici** che descrivono il funzionamento del clima a livello globale
- Si basano su **leggi fisiche fondamentali** come ad esempio la conservazione dell'impulso, dell'energia, della massa.
- Simulano le interazioni tra l'**atmosfera**, gli **oceani**, la **superficie terrestre**, la **biosfera** e la **criosfera**
- Concretamente sono costituiti da **equazioni differenziali** che regolano il moto dei fluidi e il trasferimento di energia, integrate in funzione del tempo per ogni punto di griglia
- Servono per **capire** le dinamiche del clima e fare p



$$\frac{\partial u}{\partial t} - (\zeta + f)v + \xi \frac{\partial u}{\partial \xi} = -\frac{1}{a} \frac{\partial}{\partial \eta} (\Phi + K) - \frac{RT_v}{a} \frac{\partial}{\partial \eta} (\ln p) + \left(\frac{\partial u}{\partial t} \right)_{\text{rad}} - K_4 \nabla^4 u$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + (\zeta + f)u + \xi \frac{\partial v}{\partial \xi} = -\frac{1}{a} \frac{\partial}{\partial \chi} (\Phi + K) - \frac{RT_v}{a} \frac{\partial}{\partial \chi} (\ln p) + \left(\frac{\partial v}{\partial t} \right)_{\text{rad}} - K_4 \nabla^4 v$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \frac{u}{a} \frac{\partial T}{\partial \eta} + \frac{v}{a} \frac{\partial T}{\partial \chi} + \xi \frac{\partial T}{\partial \xi} = \frac{\alpha \omega}{c_p} + \frac{L_v}{c_p} C_{\text{ic}} + \left(\frac{\partial T}{\partial t} \right)_{\text{rad}} - K_4 \nabla^4 (T - T_{\text{rd}})$$

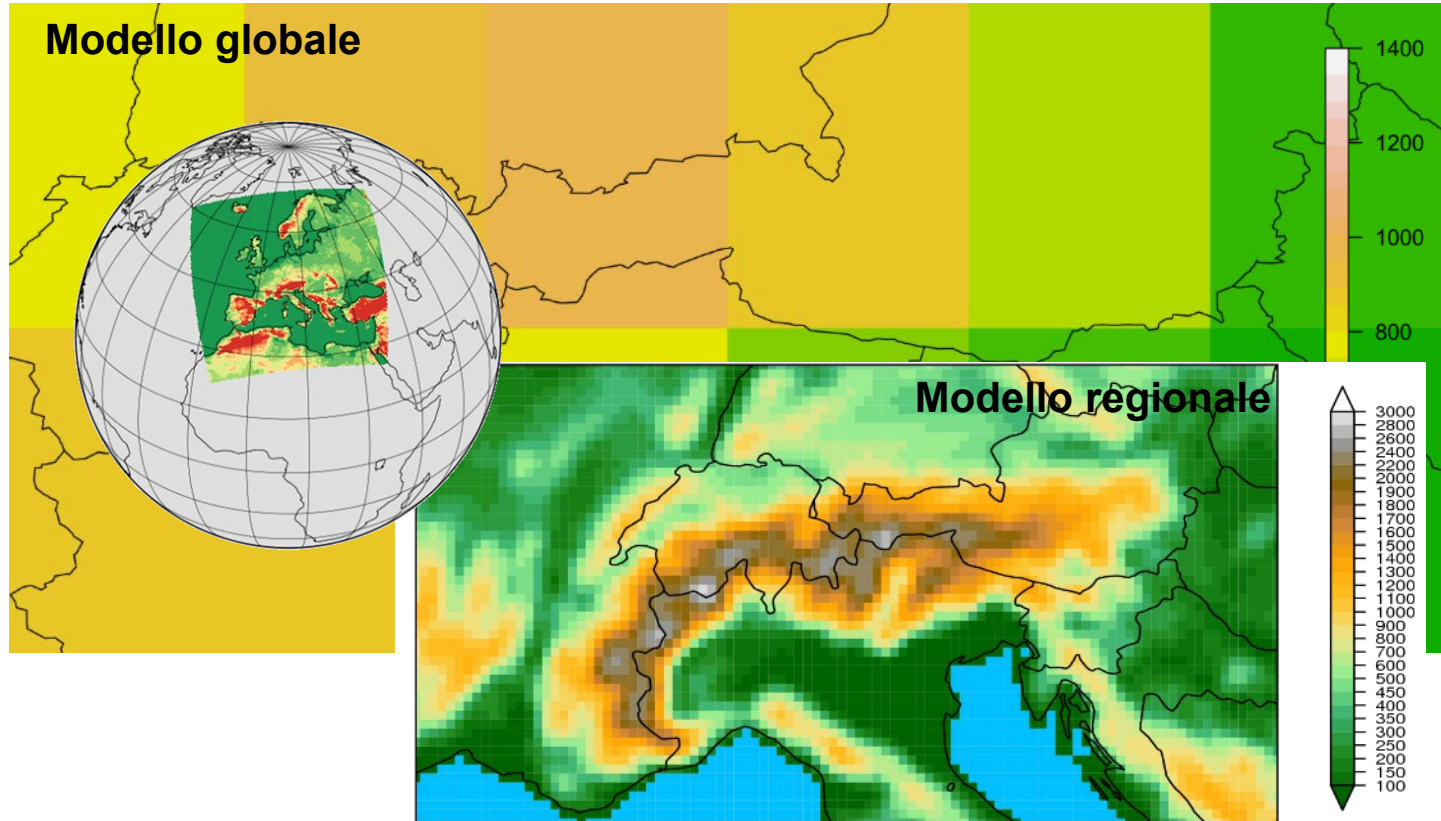
$$\frac{\partial p_v}{\partial t} = -\frac{1}{a} \left\{ \frac{\partial}{\partial \eta} \left(u \frac{\partial p}{\partial \xi} \right) + \frac{\partial}{\partial \chi} \left(v \frac{\partial p}{\partial \xi} \right) \right\} d\xi$$

$$\frac{\partial q_v}{\partial t} + \frac{u}{a} \frac{\partial q_v}{\partial \eta} + \frac{v}{a} \frac{\partial q_v}{\partial \chi} + \xi \frac{\partial q_v}{\partial \xi} = -C_w + \left(\frac{\partial q_v}{\partial t} \right)_{\text{rad}} - K_4 \nabla^4 q_v$$

$$\frac{\partial q_s}{\partial t} + \frac{u}{a} \frac{\partial q_s}{\partial \eta} + \frac{v}{a} \frac{\partial q_s}{\partial \chi} + \xi \frac{\partial q_s}{\partial \xi} = C_w + \left(\frac{\partial q_s}{\partial t} \right)_{\text{rad}}$$

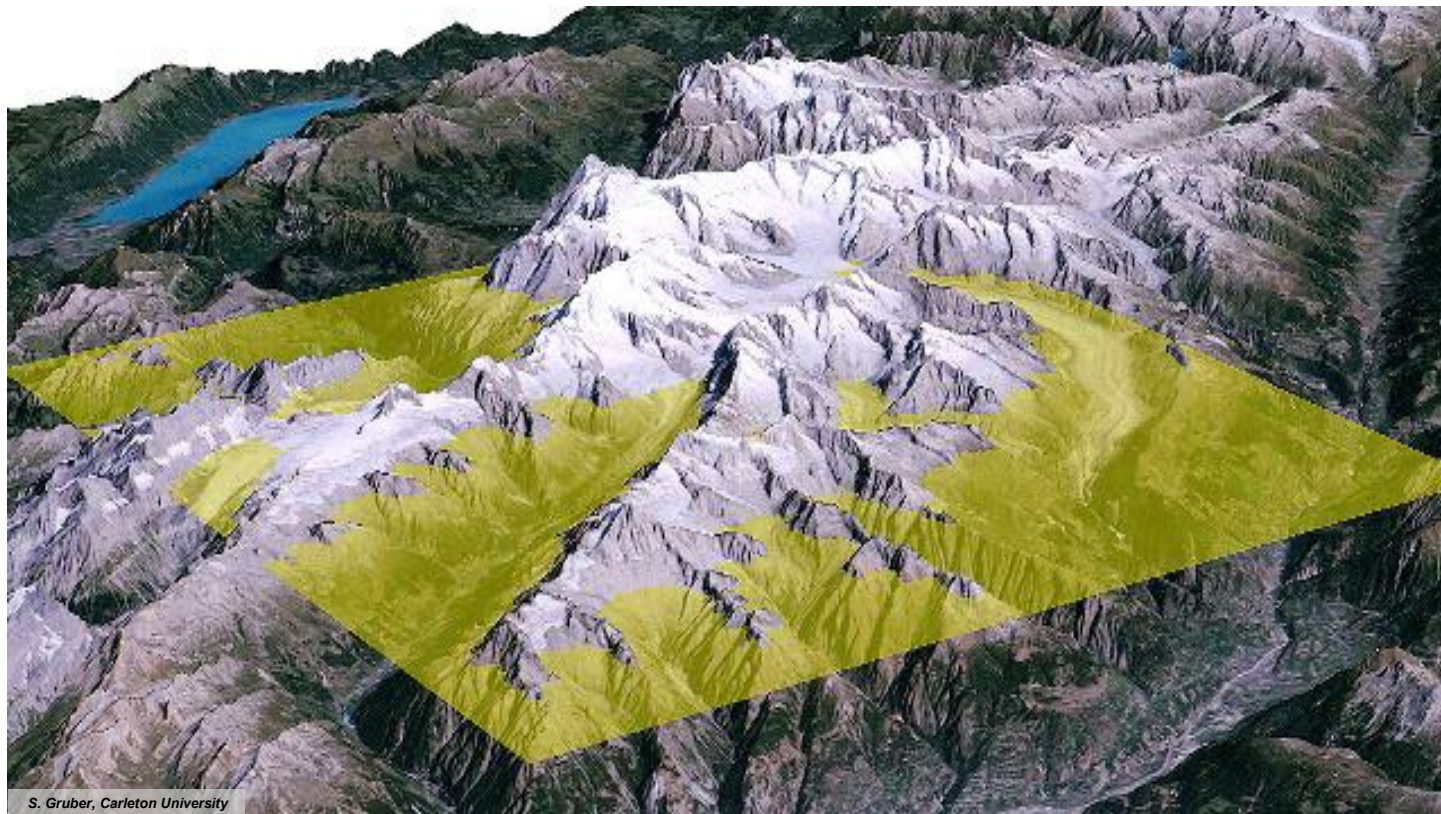


Dai modelli globali a quelli regionali





Modelli climatici regionali



S. Gruber, Carleton University



Informazioni a scala locale

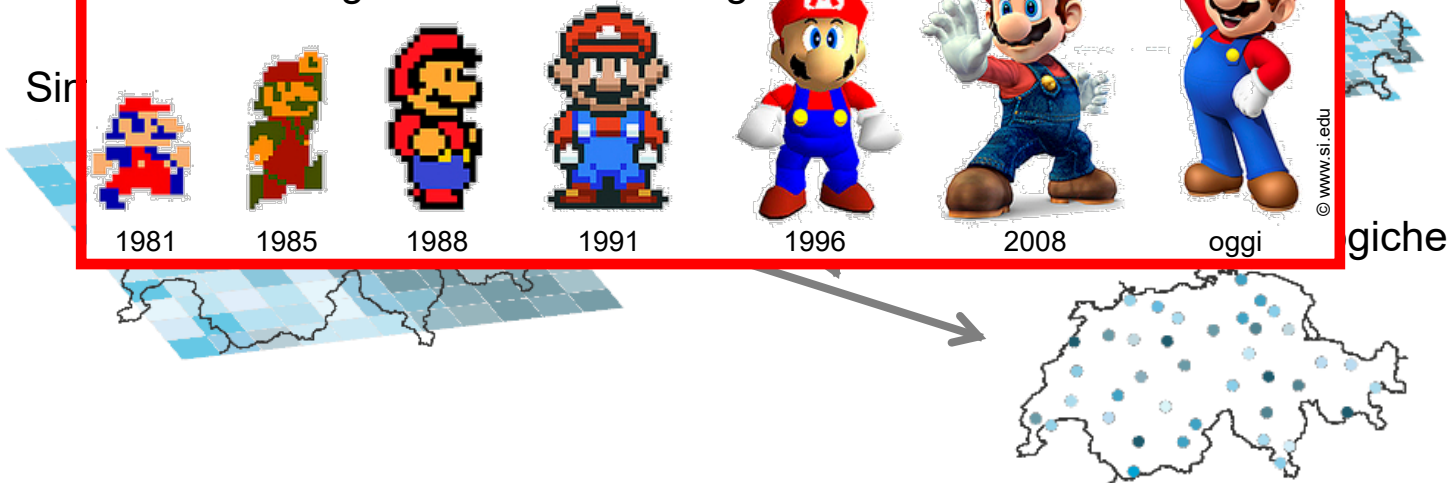
La distribuzione delle grandezze meteo prevista dal modello per il passato viene adattata a quella misurata, per eliminare eventuali errori sistematici e ottenere previsioni precise per il futuro (downscaling)

Misure



Griglia 2km

Dai modelli globali al downscaling





Intergovernmental Panel on Climate Change



- Istituzione delle Nazioni Unite finalizzata a fornire una visione oggettiva e scientifica sul cambiamento climatico, sui rischi politici ed economici ad esso associati, e su possibili azioni di mitigazione e adattamento. L'obiettivo principale è fornire ai governi le informazioni scientifiche necessarie per sviluppare le politiche climatiche
- Creato nel 1988 dalla Organizzazione Meteorologica Mondiale e dal Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente, ad oggi conta **195** membri (nazioni)
- Non conduce ricerca propria, ma è formato da migliaia di scienziati da tutto il mondo che analizzano e valutano gli articoli scientifici del campo e redigono un rapporto che ne contiene i principali risultati ogni 6-7 anni (IPCC Assessment Reports)



IPCC Working Groups

Working Group I: The Physical Science Basis

The IPCC Working Group I (WGI) examines the physical science underpinning past, present, and future climate change

Working Group II: Impacts, Adaptation and Vulnerability

Working Group II assesses the vulnerability of socio-economic and natural systems to climate change, negative and positive consequences of climate change and options for adapting to it.

Working Group III: Mitigation of Climate Change

WG III focuses on climate change mitigation, assessing methods for reducing greenhouse gas emissions, and removing greenhouse gases from the atmosphere

The Task Force on National Greenhouse Gas Inventories (TFI)

The TFI develops and refines an internationally-agreed methodology and software for the calculation and reporting of national GHG emissions and removals and encourages the use of this methodology by countries participating in the IPCC and by signatories of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC).



IPCC 6th Assessment Report

The physical science basis – agosto 2021



- Sono stati utilizzati (analizzati) più di 14mila articoli scientifici
- 234 autori da 65 nazioni (63 % autori per la prima volta)
- Più di 78 mila commenti da parte dei revisori
- Come tutti i rapporti IPCC, vengono approvati da tutti i Paesi membri (il “Sommario per i decisori politici” parola per parola)



IPCC 6th Assessment Report (2021)

The physical science basis



[Credit: Yoda Adamen | Unsplash]

“It is indisputable that human activities are causing climate change, making extreme climate events, including heat waves, heavy rainfall, and droughts, more frequent and severe.



IPCC 6th Assessment Report (2021)

The physical science basis



[Credit: Peter John Mandable]

“ Unless there are immediate, rapid, and large-scale reductions in greenhouse gas emissions, limiting warming to 1.5°C will be beyond reach.

L'Accordo di Parigi persegue l'obiettivo di limitare ben al di sotto dei 2°C il riscaldamento medio globale rispetto al periodo preindustriale, puntando a un aumento massimo della temperatura pari a 1.5°C